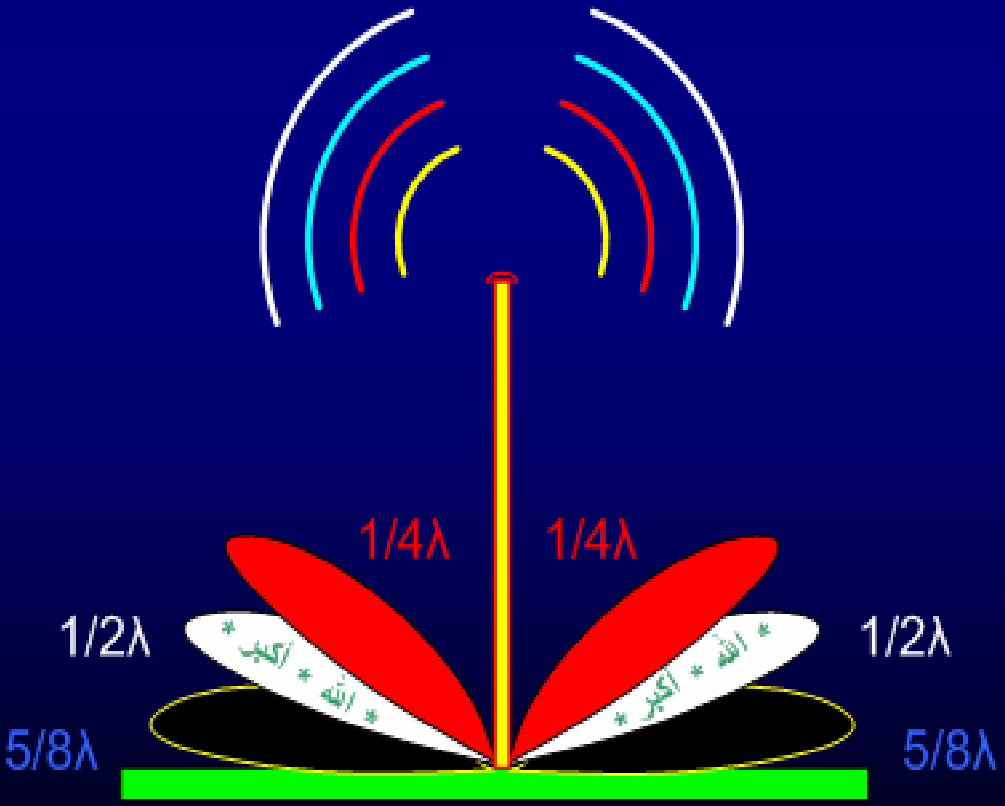
أساسيات اللاسلكي والالكترونيات


1/4λ
1/4λ
1/2λ
1/2λ
5/8λ
5/8λ
* الله * أكبر *
* الله * أكبر *

تأليف قصي إسماعيل الفرضي
2008

بسم الله الرحمن الرحيم

محتويات الكتاب

1 - طبيعة الموجات وطرق انتقالها وانتشارها
2 - تعاريف ومصطلحات الكترونية ولاسلكية
3 - دوائرالرنين والمرشحات والقلوب الدائرية
4 - الارسال والاستقبال والتعديل
5 - الصوت والمايكرفونات والصمامات المفرغة
6 - الهوائيات
7 - الكيبلات والموصلات ومجهزات القدرة
8 - اجهزة مصنعة وجداول ومواقع على الانترنيت

20/ 10/ 2007

مقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة والسلام على رسول الله سيد المرسلين

منذ مدة ليست بالقصيرة وانا اتوق الى جمع وترتيب ما خزن لدي من معلومات وما اكتسبته من خبرات متواضعة على مر سنين طوال لهذه الهواية التي عشقتها من كل قلبي وضحيت من اجلها بالصحة والجهد والوقت والمال وحرمت نفسي من كثير من متع الحياة في فترة الشباب من اجلها وحان الوقت الان بعد ان تقدم العمر ولم يبقى من العمر اكثر مما مضى لجمع وترتيب كتاب علمي يحوي خلاصة ما اعتقده مفيدا لهواة اللاسلكي ومحبي الالكترونيات كعلم ينتفع به و ليبقى صدقة جارية ان شاء الله .

يتضمن الكتاب شرح لطبيعة الموجات وطرق انتقالها وانتشارها وتعاريف ومصطلحات الكترونية ولاسلكية لاغنى عنها للمهتمين ورسوم بعض القطع الالكترونية وطرق توليد الموجات اللاسلكية وانواع التحميل والميكروفونات وغيرها كما ان للهوائيات حصة الاسد في انواعها واشكالها وطرق صنعها و للكيبلات شرح وافي لانواعها واشكالها وطرق اختبارها مع برامج بالكومبيوتر لحساب الفقد واطوال الهوائيات وفصلا للدوائر والاجهزة الالكترونية المتنوعة التي تهم هواة اللاسلكي ومحبي الالكترونيات و بعض الجداول الهندسية المفيدة لتسهيل الامر على الهاوي بدلا من البحث المضني في الكتب والمراجع والانترنيت مسار الكتاب مسار علمي نظري اكثر ماهو عملي لاعتقادي بصعوبة الحصول على المعلومات العلمية النظرية المبسطة المطلوبة للهواة والمختصين وسط هذا الكم الهائل من المعلومات بعد التقدم الكبير في تكنولوجيا الاتصالات ونقل المعلومات وما اضافه الانترنيت من كم خرافي للمعلومات .

اتمنى للكتاب ان يضيف شيئا متواضعا الى المكتبة العربية التي هي بحاجة الى كل ماهو جديد من العلم والمعرفة ليبقى رافدا للشباب والاجيال القادمة على مرالسنين ومن الله التوفيق .

قصي اسماعيل الفرضي
العراق / بغداد
2007 / 10 / 20

شكر وتقدير

اتقدم بالشكر والتقدير لكل من ساهم في اظهار هذا العمل المتواضع بصورة مباشرة او غير مباشرة واخص بالذكر منهم المهندستين صبا علي ونايري نوبار لما بذلتا من جهد وتعاون في طبع واعداد مسودات الكتاب وترجمة بعض المواضيع من اللغة الانكليزية . وفق الله الجميع للخير ونشر العلم والمعرفة .

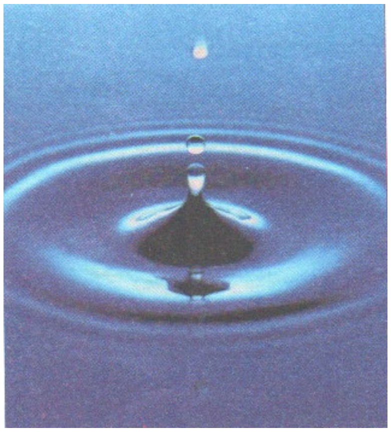
الفصل الأول

طبيعة الموجات وطرق انتقالها وانتشارها

ماهي الموجة :

لو نظرنا الى بركة ماء القي فيها حجر نرى دوائر حول الحجر تبتعد الى الخارج وكلما بعدت ضعفت شدتها الى ان تضمحل فالموجة اذن عبارة عن اضطراب ناتج عن مصدر طاقة

مثل اهتزاز شوكة رنانة او حركة شحنة في هوائي الارسال او القاء حجر في الماء . ينتشر هذا الاضطراب في وسط مادي للموجات الميكانيكية وفي الفراغ للموجات الكهرومغناطيسية .



شكل (1-1) موجة في سطح ماء

الموجات وسيلة لنقل الطاقة :

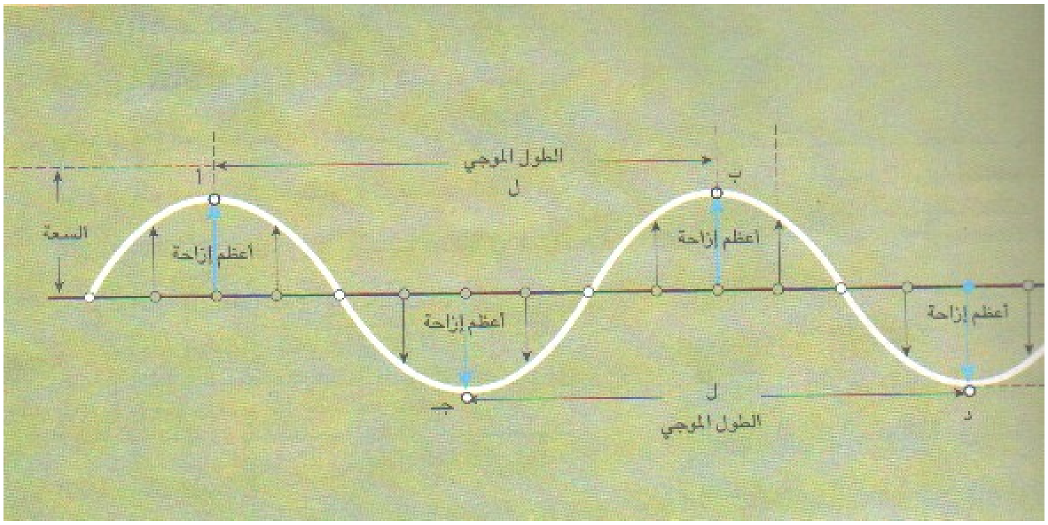
1- تتم بانتقال الجسيمات المادية من مكان الى اخر كالرياح والاعاصير والمياه الجارية .

2- تتم بانتقال الطاقة من غير انتقال للوسط الذي تمر فيه كحركة الامواج او موجات الصوت المتلاشية في الهواء .

3- الموجات الكهرومغناطيسية تنتقل بالفراغ من غير ان تتبدد طاقتها كالموجات الضوئية الاتيه من النجوم او الموجات الحرارية من الشمس اوالموجات اللاسلكية من اعماق الكون . وتتبدد طاقتها حين دخولها اوساط مادية .

سرع الموجات الميكانيكية تعتمد على الوسط الناقل فكلما زادت كثافته زادت سرعة الانتقال فالصوت ينتقل بدرجة الصفر المئوي بالهواء بسرعة 331.5 متر/ ثانية وفي الماء 1540 متر/ثانية وفي الحديد 5100 متر/ثانية .

سرع الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ ثابتة 300,000 كيلومتر/ثانية اما في الموصلات فمتغيرة وتعتمد على طبيعة الموصل فسرعة الموجة مثلا في كيبل نوع RG213 تبلغ 198,000 كيلومتر/ ثانية وهكذا .



شكل (2- 1) شكل موجة عامة

الطول الموجي : هوالمسافة بين اي موقعين متماثلين على طول مسار الموجة (سواء كانت قمتين او قعرين او اي موقع اخر كما في الشكل 2

التردد : هو عدد الدورات او الذبذبات في الثانية الواحدة للموجة وتقاس بالهيرتز Hz

الكيلو هيرتز KHz	**= 1000Hz**	**تشمل الترددات الواطئة**
الميكا هيرتز MHz	**= 1000KHz**	**تشمل الترددات الراديوية**
الكيكا هيرتز GHz	**= 1000MHz**	**تشمل الترددات الراديوية**
التيرا هيرتز THz	**= 1000GHz**	**تشمل الضوء والاشعة السينية والمايكروويف والاشعة الكونية**

وكانت تقاس سابقا بالسايكل / ثانية وتكريما للعالم الالماني هيرتز غيرت الى Hz (الهيرتز) في اوائل السبعينات من القرن الماضي

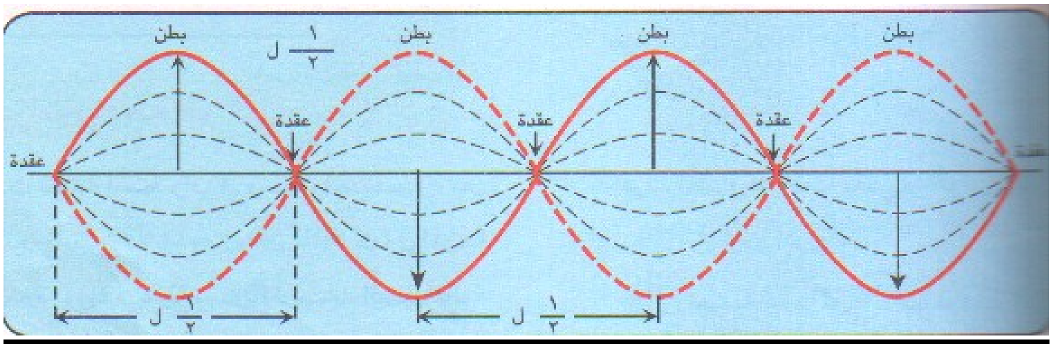
سعة الموجة : وهي اعظم ازاحة تبلغها قمة الموجة او قعرها وليس لها علاقة بالطول الموجي او التردد اي ان السعة مهما تغيرت لاتؤثر على طول وتردد الموجة .

خواص الحركة الموجية :

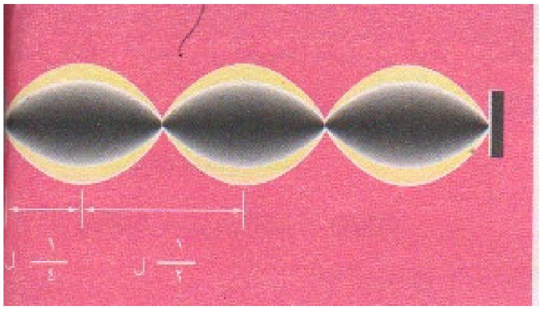
1- **الانتشار بخطوط مستقيمة وتسمى هذه الخطوط الوهمية بالاشعة وتكون عمودية على جبهة الموجة .**
2- **الانعكاس وهوارتداد الموجات بعد اصطدامها بسطح يفصل بين وسطين كانعكاس الضوء عن سطوح الاجسام وصدى الصوت والامواج عند الشاطيء .**
3- **الانكسار هو تغير مسار الموجة بسبب تغير في سرعتها اذا سقطت مائلة على الحد الفاصل بين وسطين مختلفين كانكسارالضوء على سطح الماء .**
4- **التداخل هو تراكب سلسلتين او اكثر من الموجات عند انتشارها في الوسط نفسه وبمستوى واحد .**
5- **الحيود وهوظاهرة انتشار الموجات خلف العوائق التي تعترضها مثل مرورها خلال فتحات او شقوق ضيقة اصغر من الطول الموجي للموجة المنتشرة .**

الموجات الواقفة : standing wave

اذا اجتمعت موجتان في وسط واحد وفي ان واحد وكانتا متساويتين في التردد والسعة وتنتشران باتجاه واحد تنتج عنهما موجة منتشرة سعتها تتوقف على فرق الطور بين الموجتين .اما اذا كانتا تسيران باتجاهين متعاكسين وفي الوسط نفسه فان اجزاء الوسط سوف تهتز اهتزازا خاصا مولدة مايسمى بالموجات الواقفة . وهذه الموجات ليس لها صفة الانتشار وتنعدم الحركة في بعض نقاط الوسط المتولدة فيها مكونة مايسمى بالعقد وبين كل عقدتين تتحرك جسيمات الوسط حركة توافقية بسيطة حول موضع استقرارها وبسعات مختلفة تزداد تدريجيا حتى تبلغ اقصاها مكونة مايسمى البطون .
اذن الموجات الواقفة هي موجات ناتجة عن تراكب سلسلتين من الموجات متساوية في السعة والتردد وتسيران بالانطلاق نفسه وفي وسط واحد وباتجاهين متعاكسين
ومن مساويء الموجة الواقفة انها تحدث اضطراب في الوسط الناقل فلا يحصل نقل طاقة ويفسر هذا بان الموجات المارة للهوائي مثلا والمرتدة منه لعدم التوافق تنقل الطاقة في اتجاهين متعاكسين وتتعارض فيما بينها مما تسبب خسارة كبيرة في الطاقة او القدرة .



شكل رقم (3- 1) موجة واقفة في لحظات زمنية متتابعة



شكل رقم (1-4) غلاف الموجة الواقفة

طبيعة الموجات اللاسلكية :

الموجات اللاسلكية عبارة عن ترددات كهرومغناطيسية بمجالين متعامدين مغناطيسي وكهربائي ولايمكن فصل احدهما عن الاخر ويسيران سوية بسرعة الضوء 300000 كيلو مترفي الثانية بخطوط مستقيمة وبترددات مختلفة تصل الى 26*10 ذبذبة /ثانية .

وهذه الموجات لها القابلية على الانتشار والانعكاس والاختراق من بعض الحواجز

هناك علاقة بين التردد والطول الموجي

سرعة الضوء = طول الموجة x التردد

وهذه علاقة عامة اساسية يمكن بواسطتها ايجاد الطول الموجي او التردد كما في المثال :

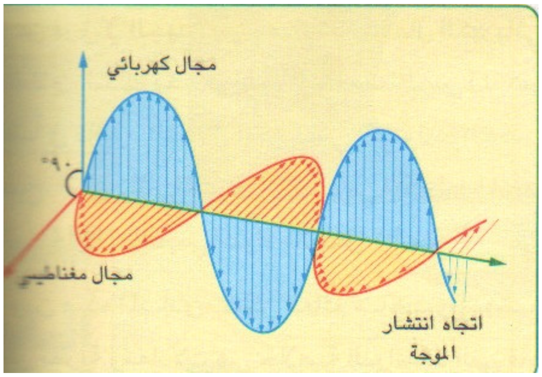
سرعة الضوء = 300,000,000 متر/ ثانية

التردد = 144,000,000 هيرتز

الطول الموجي = ؟

بتطبيق القانون اعلاه : الطول الموجي بالمتر = سرعة الضوء \ التردد

300,000,000 \ 144,000,000 = 2.083 متر الطول الموجي



شكل رقم (1-5) موجة كهرومغناطيسية

الموجات اللاسلكيه لها مسارين الاول هو المسار الارضي ويطلق عليه الموجة الارضية وتكون قصيرة المدى وتعتمد على طبيعة الهوائي والتردد وقدرة المرسلة .

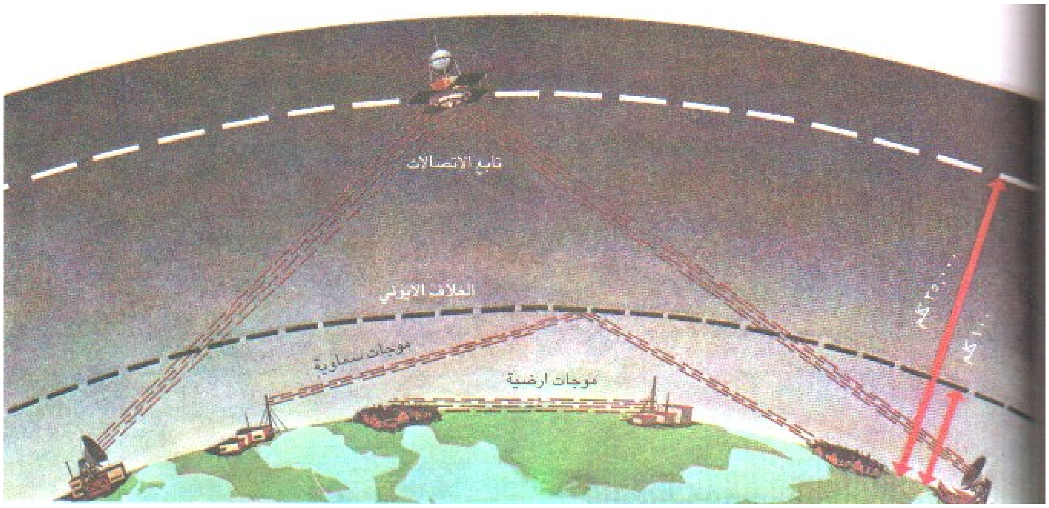
انتشار الموجة الارضية : ground wave

الموجة الارضية هي موجة راديوية وتنتقل على طول سطح الارض لذا يشار لها احيانا بالموجة السطحية . الموجة الارضية يجب ان تكون ذا قطبية عمودية اي (المجال الكهربائي عمودي) اذ ان الارض سوف تمتص المجال الكهربائي اذا كان المجال الكهربائي للموجة الارضية ذواستقطاب افقي .
التغير بالتضاريس الارضية له تاثير قوي على الموجة الارضية . فاذا كان سطح الارض لـه قابلية توصيلية عالية فـان امتصاص طاقة الموجة والتوهين attenuation ستقل كثيرا .
الموجة الارضية تنتقل بصورة افضل كثيرا على سطح الماء وخصوصا الماء المالح (ماء البحر) من انتقالها على سطح صحراء جافة جدا (توصيلية ضعيفة) لذا نرى استخدام الموجة الطويلة في اتصالات البواخر السفن البحرية يكون فعالا عبر البحار والمحيطات اكثر من اي تردد عدا الاتصال الفضائي الذي استحدث مؤخرا عبر الاقمار الصناعية والذي لايخضع لشروط الموجات الارضية والسماوية .
الفقد الارضي يزداد بزيادة التردد , ولهذا السبب فالموجة الارضية غير فعالة للترددات الاعلى من 2MHz اى من بداية مجال HF تقريبا . ومع ذلك فالموجة الارضية يعتمد عليها كثيرا في الاتصالات وخصوصا الاذاعات اذ ان استقبال الموجة لايتأثر بالتغيرات اليومية والفصلية لانتشار الموجات السماوية propagation .

ان انتقال الموجات الارضية ممكن ان يمتد حول العالم اذا كانت قدرة الارسال كبيرة بما فيه الكفاية وكان التردد منخفضا .

والمسار الثاني هو الموجة السماوية وهي المهمه والمستعملة للاتصالات بعيدة المدى والموجات فيها تسلك انماطا مختلفة تبعا لتردداتها فالترددات التي تبدأ من 3MHz وحتى 30MHz يطلق عليها الموجات عالية التردد HF تسلك سلوكا مختلفا عن بقية الموجات الا وهي قابليتها على الانعكاس من طبقة الاينوسفير المحيطة بالكرة الارضية مما يمكنها من الانتقال الى مسافات بعيدة للاف الكيلو مترات عبر عدة انعكاسات بالطبقة .

اما الموجات الاعلى ترددا VHF و UHF و SHF فانها تخترق هذه الطبقة وتنفذ الى الفضاء الخارجي لذا تستخدم للاتصالات للمدى المرئي (اقل من 80 كيلو متر) Line of sight بسبب كروية الارض ويمكن استخدامها ايضا للاتصالات الفضائية وخصوصا SHF و UHF وتقسم الترددات لاستخداماتها المختلفة قسم منها للمحطات الاذاعية وقسم للبث التلفزيوني وقسم منها للاتصالات الحكومية وقسم منها للهواة وقسم اخر للاتصالات الفضائية وقسم للهواتف النقالة وهكذا .



شكل رقم(1-6) اشكال الموجات الارضية والسماوية والاتصالات الفضائية .

تقسيمات الموجات المستخدمة في الاتصالات اللاسلكية :

1- **LW** وتسمى الموجات الطويلة او المنخفظة التردد **Long wave** وتردداتها من 150KHz الى 300Kz وتستخدم في اتصالات السفن وبعض المحطات الاذاعية وتحتاج الى قدرة عالية جدا .

2- **MW** وتسمى الموجات المتوسطة **medium wave** وتردداتها من 300KHz الى 3MHz وتستخدم في المحطات الاذاعية بتعديل اتساعي AM وبعض محطات الهواة . وتحتاج الى قدرة عالية .

3- **HF** وهي تسمى الموجات عالية التردد **high frequency** وتردداتها من 3MHz الى 30MHz وتشمل المحطات الاذاعية للموجات القصيرة AM تعديل اتساعي ومحطات الهواة .

4- **VHF** وتسمى الموجات عاليا التردد جدا **very high frequency** وتردداتها من 30MHz الى 300MHz وتشمل محطات اذاعية بالتعديل الترددي FM واتصالات حكومية ومحطات هواة وقنوات تلفزيونية من قناة 1 الى قناة 12 .

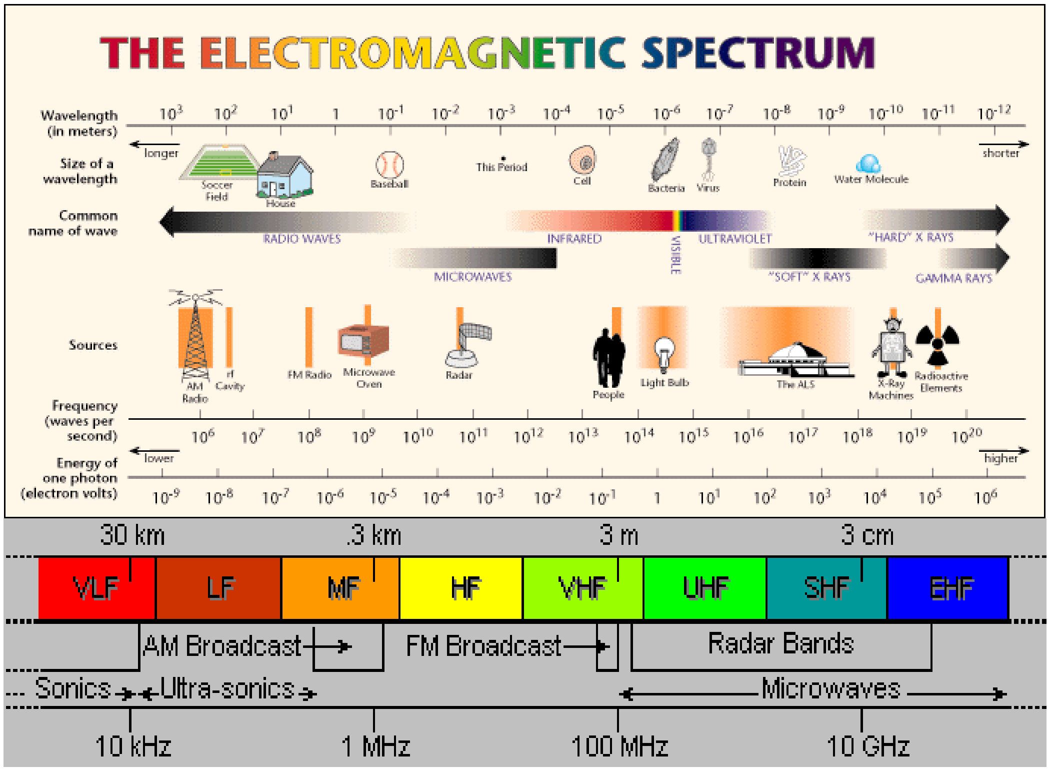
5- **UHF** وتسمى موجات مافوق عالية التردد **Ultra high frequency** وتردداتها من 300MHz الى 3GHz وتشمل قنوات تلفزيونية من قناة 21 الى 69 واتصالات حكومية ومحطات هواة ومحطات اعادة البث والتقوية قنوات الهاتف المحمول وقنوات فضائية L& S Band ومنظومات الانترنيت 2.4GHz .

نطاق الذبذبة	اسم الموجة
GHz 2←1	الموجة - L
GHz 3←2	الموجة - S
GHz 6←4	الموجة - C
GHz 8←7	الموجة - X
GHz 18←11	الموجة - Ku
GHz 30←20	الموجة - Ka

شكل(7- 1) اسماء الموجات المستخدمة وتردداتها في اتصالات الاقمار الصناعية

6- **SHF** وتسمى موجات فائقة العلو **supper high frequency** وترداتها من 3GHz الى 30GHz وتشمل قنوات فضائية KU و Ka و C band واتصالات لنك ومنظومات انترنيت 5.6 GHz

7- **EHF** وتسمى موجات متناهية العلو **Extremely high frequency** وترددداتها من 30GHz الى 300GHz وتشمل منظومات الرادار العسكرية والمايكروويف واتصالات فضائية وعسكرية .


THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM
Wavelength (in meters)
10^{3} 10^{2} 10^{1} 1 10^{-1} 10^{-2} 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11} 10^{-12}
Size of a wavelength
longer
shorter
Soccer Field
House
Baseball
This Period
Cell
Bacteria
Virus
Protein
Water Molecule
Common name of wave
RADIO WAVES
INFRARED
VISIBLE
ULTRAVIOLET
"HARD" X RAYS
MICROWAVES
"SOFT" X RAYS
GAMMA RAYS
Sources
AM Radio
rf Cavity
FM Radio
Microwave Oven
Radar
People
Light Bulb
The ALS
X-Ray Machines
Radioactive Elements
Frequency (waves per second)
10^{6} 10^{7} 10^{8} 10^{9} 10^{10} 10^{11} 10^{12} 10^{13} 10^{14} 10^{15} 10^{16} 10^{17} 10^{18} 10^{19} 10^{20}
Energy of one photon (electron volts)
lower
higher
10^{-9} 10^{-8} 10^{-7} 10^{-6} 10^{-5} 10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 1 10^{1} 10^{2} 10^{3} 10^{4} 10^{5} 10^{6}
30 km
.3 km
3 m
3 cm
VLF
LF
MF
HF
VHF
UHF
SHF
EHF
AM Broadcast
FM Broadcast
Radar Bands
Sonics
Ultra-sonics
Microwaves
10 kHz
1 MHz
100 MHz
10 GHz

شكل (8 -1) الطيف الترددي للموجات الكهرومغناطيسية وبالاطوال الموجية بالمتر والتردد بالهيرتز وطاقة الفوتون بالالكترون فولت

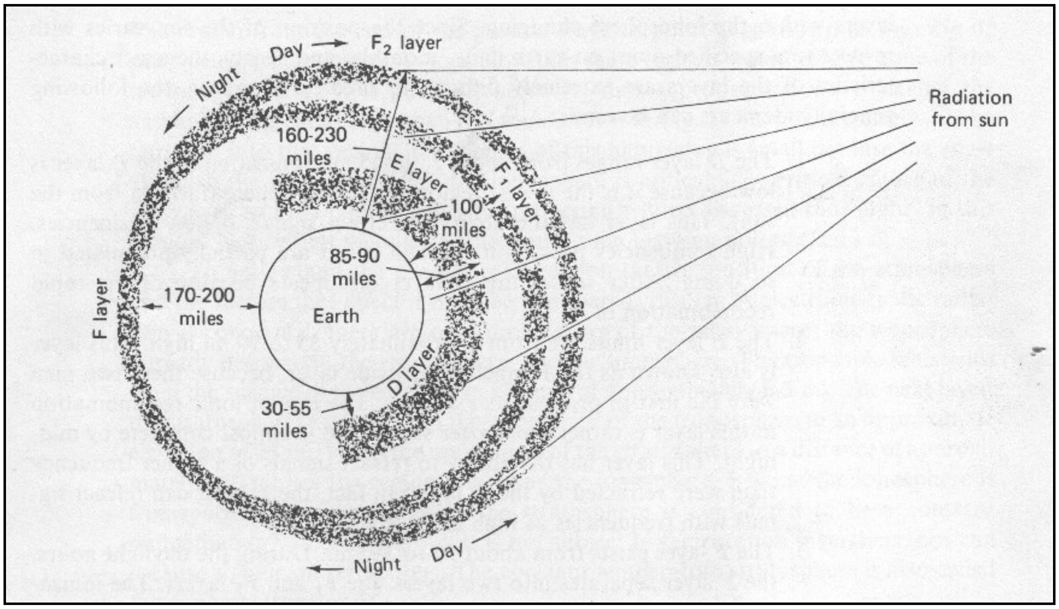
الانتشار وطبقات الاينو سفير :

تتكون طبقة الاينوسفير والتي هي عبارة عن عدة مستويات متأينة تحيط بالكرة الارضية على ارتفاع كبير من عدة طبقات الاولى طبقة **D** الاقرب الى الارض ثم طبقة **E** وتليها طبقة **F** والتي تنقسم بدورها الى طبقتين **F1** و **F2** التي تكون ابعد الطبقات عن الكرة الارضية واقرب الطبقات للشمس . تقوم الاشعة فوق

البنفسجية الاتية من الشمس بتأيين ذرات الهواء في هذه الطبقات الى ايونات موجبة وسالبة ومن هنا جائت تسمية الاينوسفير اي الطبقة المتأينة .

تعاني الامواج اللاسلكية في هذه الطبقة اما من الانعكاس او الانكسار او الامتصاص او التطاير بحسب الترددات .

هذه الطبقات المختلفة تقوم بعكس بعض الامواج اللاسلكية HF المنبثة واعادتها الى الارض مرة ثانية وبذلك يتحقق الاتصال للمسافات البعيدة وسنتناول خواص كل طبقة ومدى تأثرها باشعة الشمس والحرارة والانفجارات الشمسية والليل والنهار والدورات والبقع الشمسية .


Day
F_2 layer
Night
Radiation from sun
160-230 miles
E layer
F_1 layer
100 miles
85-90 miles
Earth
F layer
170-200 miles
D layer
30-55 miles
Night
Day

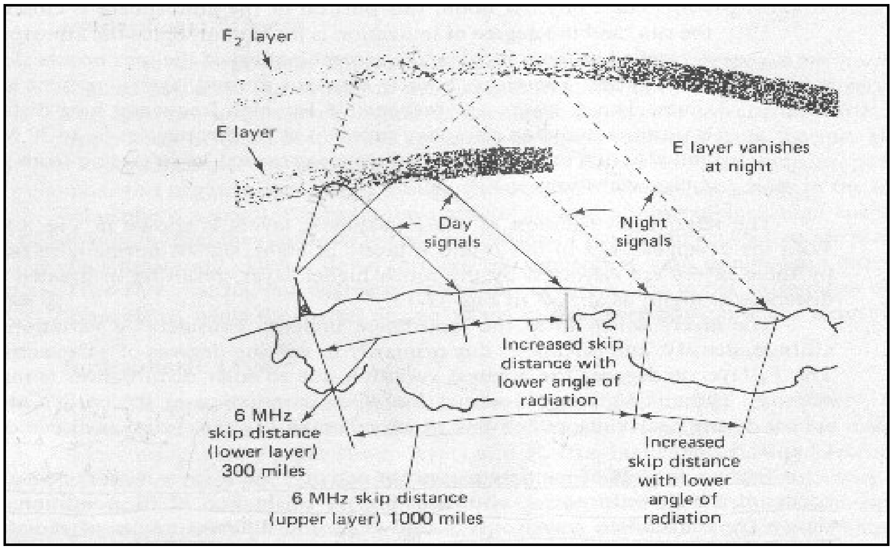
الشكل (9- 1) رسم توضيحي لطبقة الاينوسفير واجزائها

طبقات الاينوسفير:

1- الطبقة D وهي الاوطأ والاقرب الى سطح الارض في الاينوسفير وتعلو عن سطح الارض بمعدل من 48 الى 88 كيلومتر ولها القابلية على انكسار الموجات الواطئة التردد اما بالنسبة للترددات العالية فانها تستطيع اختراقها لكنها تعاني من الخفوت تظهر هذه الطبقة عند شروق الشمس وتختفي بغروبها بسبب التفكك السريع لايوناتها. نتيجة لتاين هذه الطبقة نهارا بالاشعة فوق البنفسجية الاتية من

الشمس تتسبب في تطاير وتشتيت امواج الموجة المتوسطة MW المنعكسة منها فلا نستطيع سماع الموجات المتوسطة البعيدة نهارا ويكون سماعها ليلا فقط

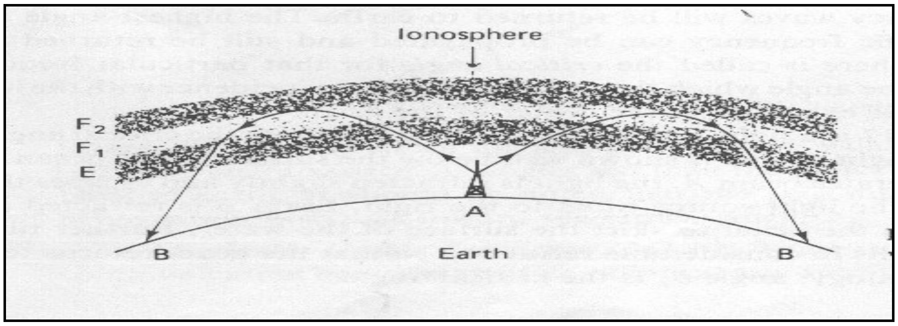
2- الطبقة E تبعد هذه الطبقة عن سطح الارض من 88 الى 145 كيلومتر وتسمى طبقة كينلي وهفيسايد نسبة الى العالمين اللذان اكتشفاها , معدل تفكك الايونات لهذه الطبقة سريع بعد غروب الشمس ويكتمل التفكك عند منتصف الليل الترددات العالية تعاني انكسارا خلال هذه الطبقة بعكس الطبقة D التي تقوم بتمريرها وفي الحقيقة الترددات الاعلى من 20 MHz تعاني من الانكسار في هذه الطبقة .


F_2 layer
E layer
E layer vanishes at night
Day signals
Night signals
Increased skip distance with lower angle of radiation
6 MHz skip distance (lower layer) 300 miles
6 MHz skip distance (upper layer) 1000 miles
Increased skip distance with lower angle of radiation

شكل(1-10) الانعكاس الليلي والنهاري عبر طبقتي E و F2

3- الطبقة F تبعد هذه الطبقة عن سطح الارض من 145 الى 400 كيلومتر وفي ساعات النهار تنفصل هذه الطبقة الى طبقتين F1 و F2 مستوى التاين لهاتين الطبقتين عالى جدا ويتغير بشكل واسع خلال النهار . عند الظهيرة تكون درجة التاين اعظم مايمكن وتبلغ الطبقة اعلى ارتفاعاتها وتقترب كثيرا الى الشمس . تفكك ايونات هذه الطبقة بعد غروب الشمس .

هذه الطبقة مسؤولة عن انعكاس الترددات العالية لمسافات بعيدة نتيجة لعلوها و قابليتها على الانكسار لحد 30 MHz ونحصل من خلالها على مناطق اخفاء Skip distance.

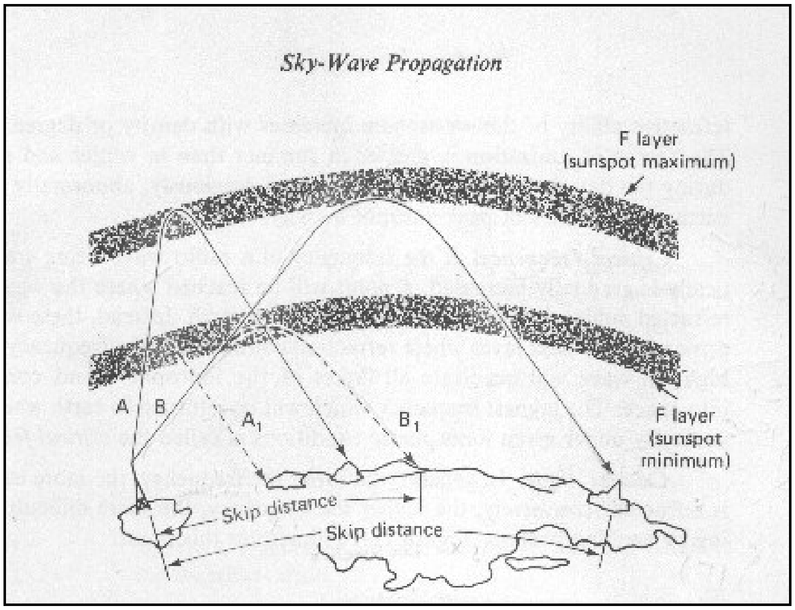

Ionosphere
F2
F1
E
A
B
Earth
B

شكل (1-11) يوضح انكسار الموجات عبر E و F1 وانعكاسها عبر F2

تختفي الطبقتان D و E ليلا , الاشارات التي كانت تنكسر عبر هذه الطبقتين نهارا ستنكسر عبر طبقات اعلى (طبقة F) ليلا ونتيجة لهذا الانكسار نحصل على قفزات اعلى ولمسافات ابعد . طبقات الاينوسفير تعاني من تغيرات بالارتفاع والكثافة والسمك نتيجة التغيرات في درجة النشاطات الشمسية .

الطبقة F2 تعاني من اعظم تغيير نتيجة الاضطرابات والبقع الشمسية . خلال الفترة التي تكون فيها نشاطات البقع الشمسية اعظم مايمكن فان الطبقة F تكون ذا كثافة عالية جدا وباعلى ارتفاع .

اما خلال الفترة التي تقل فيها نشاطات البقع الشمسية يقل ارتفاع الطبقة F وتقوم بعكس الترددات الراديوية HF لمسافات اقل .

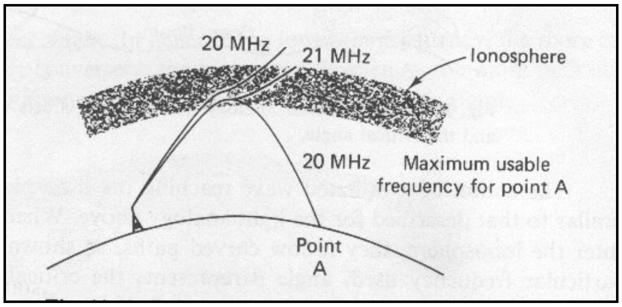

Sky-Wave Propagation
F layer
(sunspot maximum)
F layer
(sunspot
minimum)
A
B
A1
B1
Skip distance
Skip distance

شكل(1-12) يوضح تأثير البقع الشمسية على انعكاس الموجات ويلاحظ ارتفاع الطبقة F بزيادة نشاط البقع الشمسية وزيادة مسافة skip Distance مسافة الاخفاء التي لايمكن فيها استلام اشارة

ان الترددات الاعلى من 30MHz تخترق طبقة الاينوسفير وتنفذ الى الفضاء الخارجي فمن الممكن ان تشاهد محطة تلفزيونية معينة على سطح القمر الذي يبعد حوالي 400 الف كيلومتر ولايمكن ان تشاهدها على بعد 200 كيلومترعلى سطح الارض بسبب كروية الارض واختراق الموجات اللاسلكية لهذه الطبقة ولان الموجات اللاسلكية تسير بخطوط مستقيمة ولا يمكنها الانحناء على سطح الارض المتحدب .

التردد الحرج :

اعلى تردد ينعكس الى الارض عند ارسال موجة عمودية الى طبقة الاينوسفير وحسب الشكل فمثلا التردد 20MHz هو اعلى تردد ممكن ان ينعكس من طبقة الاينوسفير (التردد الحرج) ويلاحظ ان التردد 21MHz قد انكسر وصعد الى الاعلى ولم ينعكس نحو الارض .

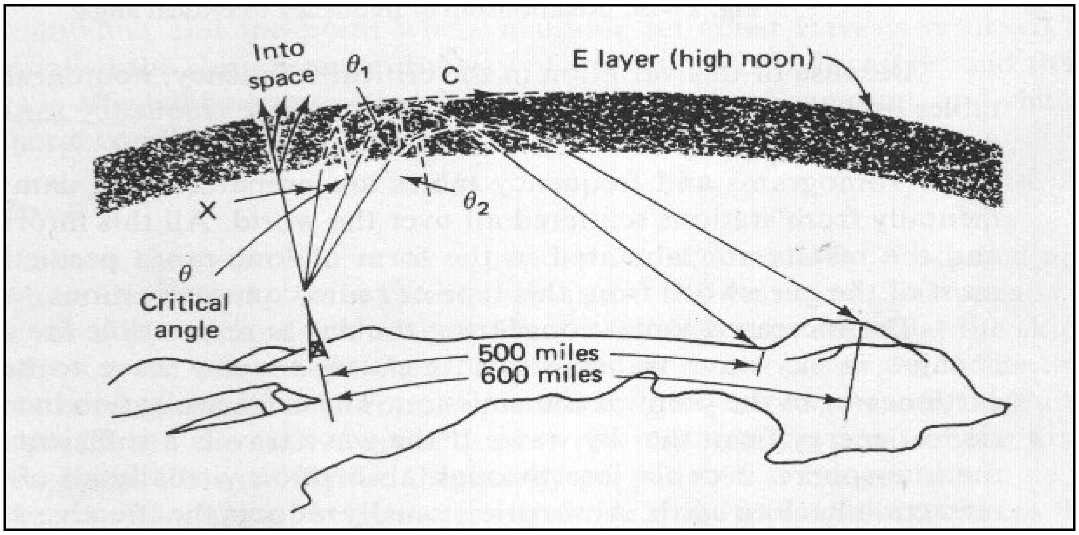


الشكل (13 -1) يوضح انعكاس التردد الحرج

الزاوية الحرجة :

كلما كان تردد الموجة المرسلة قليل كان انعكاسها لسطح الارض اسهل وبالعكس فزاوية الاشعاع تلعب دورا مهما لحساب فيما اذا كان التردد سينعكس من الاينوسفير الى الارض ام لا , لذا فان اكبر زاوية التي تنعكس عندها الموجة ذات تردد معين تسمى الزاوية الحرجة .

الشكل - - يبين الزاوية الحرجة θ والتي بدأ فيها اول انعكاس للموجة المرسلة (500 ميل) من خلال الطبقة E .



الشكل (14-1) يبين العلاقة بين مختلف زوايا الارسال الموجي والانعكاسات

زوايا ارسال الموجة السماوية:

1.5 ← 3MHz تستخدم زاوية بث صغيرة للاتصال للمسافات البعيدة . عند استخدام زاوية بث كبيرة تسبب تلاشي الموجة الارضية فاستعمال هوائي عمودي هو الافضل لهذه الترددات .

3 ← 7MHz الموجات السماوية لهذه الترددات تنعكس بصورة جيدة من اى زاوية بث وزوايا البث الكبيرة تستخدم للاتصال للمسافات القصيرة اما الزوايا الصغيرة تستخدم للاتصال للمسافات البعيدة .

7← 12MHz تستخدم زاوية البث من 30° ← 45° للاتصالات للمسافات القصيرة والمتوسطة , ويجب استخدام زوايا اصغر لاتصالات المسافات البعيدة . زاوية البث الكبيرة تستخدم للتغلب على التغيير في كثافة الايونـــات للطبقة خلال قمة نشاط البقع الشمسية .

12 ← 30MHz لاتستعمل للاتصال للمسافات القصيرة , افضل زاوية بث للتردد من 12 ← 16MHz حوالي 30° وفي حالة زيادة التردد الى 28MHz يجب ان تقلل زاوية البث الى 10° للحصول على نتائج اتصالات جيدة وعندما يكون التردد فوق 28.5MHz يجب استعمال زاوية اقل من 10°

الموجات اللاسلكية فوق 30MHz تشذ عن القاعدة ولا تنطبق عليها القواعد السابقة .

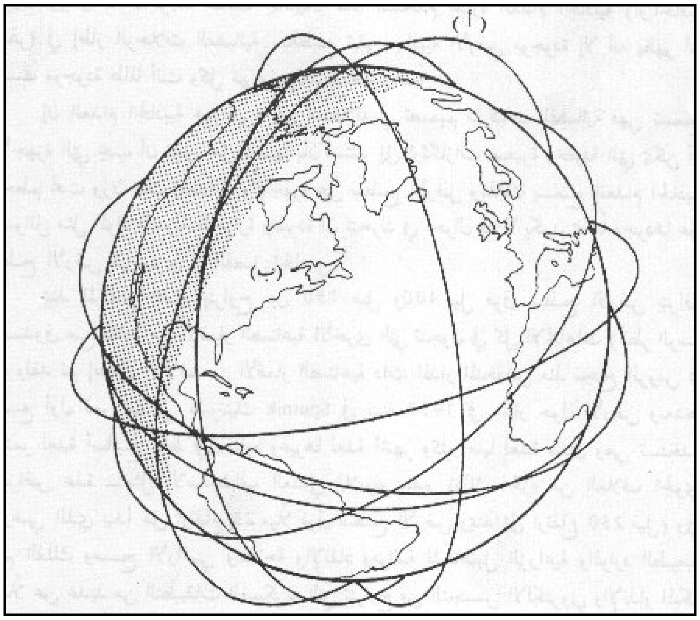
تستنتج من كل ماسبق ومن الرسوم التوضيحية ان لكل مدى من الترددات زاوية بث مفضلة ومدى معلوم سواء كان قصير او متوسط او بعيد المدى ونوع هوائي مفضل ووقت بث صباحا او مساءا والقدرة المناسبة للبث عموما تتناسب عكسيا مع التردد اي كلما ازداد التردد قلت القدرة اللازمة للبث لوصول الارسال الى المنطقة المطلوبة فاستخدام قدرة بث 1000 واط على الموجة المتوسطة يعطي مدى ارسال جيد بحدود 100 كيلو متر نهارا و300 كيلومتر ليلا بينما استخدام قدرة 50 واط على التردد 14MHz كافية لـ3000 كيلومتر اذا كان الانتشار للموجة السماوية propagation ملائما .

الاتصالات الفضائية :

الاتصالات الفضائية تطبيق حديث للاتصالات التي تعتمد على اقمار صناعية وضعها الانسان في مدارات خاصة حول الكرة الارضية في بداية الستينات من القرن الماضي .

وشهد العالم اطلاق اول قمر صناعي (سبوتنيك) الروسي عام 1957 ثم توالت الاقمار الامريكية والفرنسية والانكليزية والعربية وغيرها .

الاقمار الصناعية على ثلاثة انواع الاولى اقمار تجسس وهي تدور في مدارات خاصة وبارتفاعات واطئة نسبيا لمسح وتصوير المواقع العسكرية وغيرها .



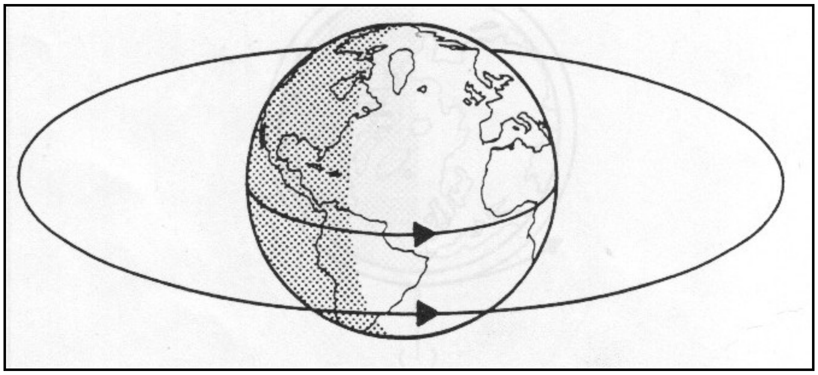
شكل رقم (15-1) مدارات الاقمار التجسسية (مدارات غير متزامنة)

والثانية اقمار علمية لمراقبة الطقس والانواء الجوية والنشاط الشمسي ومسح الاراضي واقمار GBS لتحديد المواقع واقمار الانذار المبكر للصواريخ والملاحة والفلك الى غير ذلك من التطبيقات العلمية .

والثالثة اقمار الاتصالات ففي عام 1945 اقترح الانكليزي ارثر كلارك وضع ثلاثة اقمار صناعية في الفضاء على ارتفاع 22 الف ميل وبزاوية °120 بينهما وبمدار موازي لخط الاستواء ويدورون حول الاض دورة واحدة كل 24 ساعة لعمل تغطية اتصالية ثابتة حول الكرة الارضية .

لذا فان القمر الصناعي عند ذلك الارتفاع يبدوللمرقب من سطح الارض ثابتا ولا يحتاج لمتابعة تحركاته فهو يستطيع وببساطة توجيه صحن الهوائي نحوه وتثبيته.

ولم يتم التحقق والاعتراف بهذا الاقتراح حتى سنه 1965 اى بعد 20 عاما عندما وضع اول قمر اتصالات في مدار تزامني فوق خط الاستواء وهوالقمر الصناعي الامريكي ايرلي بيرد (الطائر المبكر) وحمل 240 خط هاتفيا .

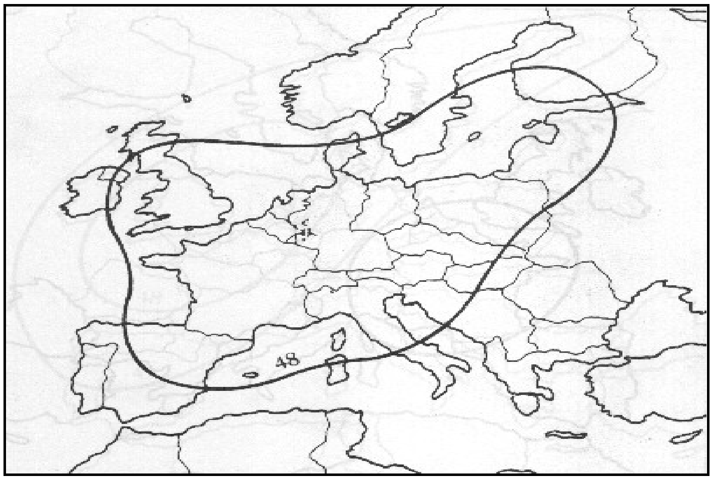


شكل(16-1) المدار الارضي التزامني هوالمدار المناسب فقط للاتصالات

واقمار الاتصالات العامة كالنايل سات والعرب سات والهوت بيرد وغيرها الان تدور بمدار متزامن فوق خط الاستواء وباتجاه وسرعة دوران الكرة الارضية فتبدو ثابتة بالنسبة للمشاهد على الارض.

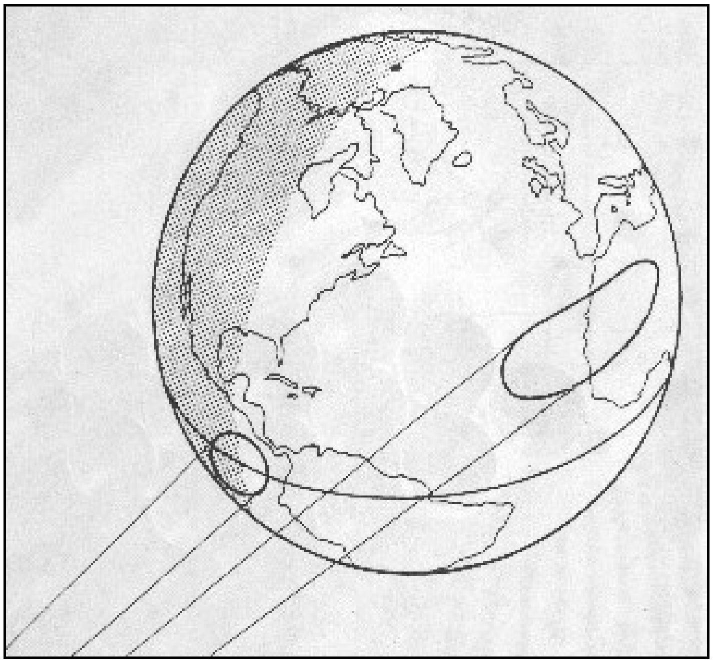
ولكل قمر موقع خاص به ومقدر بالدرجات فموقع القمر العربي نايل سات 4W يعني ان موقع القمر هو 4 درجة غرب خط غرينيتش (الذي اعتبر هو المرجع والمقياس والتوقيت العالمي) وعلى خط الاستواء جنوب غربي القارة الافريقية فوق المحيط الاطلسي .

و قمر الهوت بيرد 13E يعني ان موقعه 13درجة شرق غرينتش (فوق دولـة الكابون في قارة افريقيا) وعلى خط الاستواء . وقمر الاسترا 19E (فوق دولة زائير وغيرها .



.

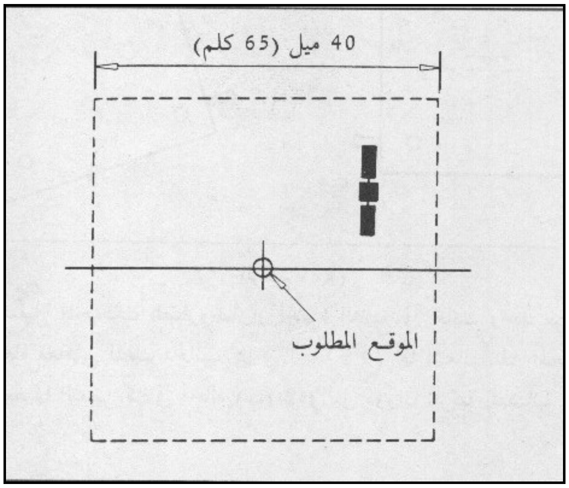
شكل(17-1) تغطية البث للقمر استرا 19E المتواجد فوق زائير ويغطي اوربا وحسب الشكل



شكل (18-1) شكل البث , الدائرة تحت القمر مباشرة والبيضوية عندما تتوجه الاشارة الى مكان اخر على سطح الكرة الارضية لتغطي المنطقة المطلوبة .

وينشر القمر عادة بثة بصورة مائلة اي لايوضع القمر فوق المنطقة التي يراد تغطيتها (لان التغطية ستكون دائرية وصغيرة تحت القمر) كما في الشكل -15- انما يوضع على بعد مناسب خارجها لتكون التغطية بيضوية الشكل وكبيرة الحجم فقمر الهوت بيرد موضوع فوق زائير ويغطي اوربا والشرق الاوسط والنايل سات موضوع فوق المحيط الاطلسي في غرب القارة الافريقية ويغطي شمال افريقيا والشرق الاوسط وهكذا .

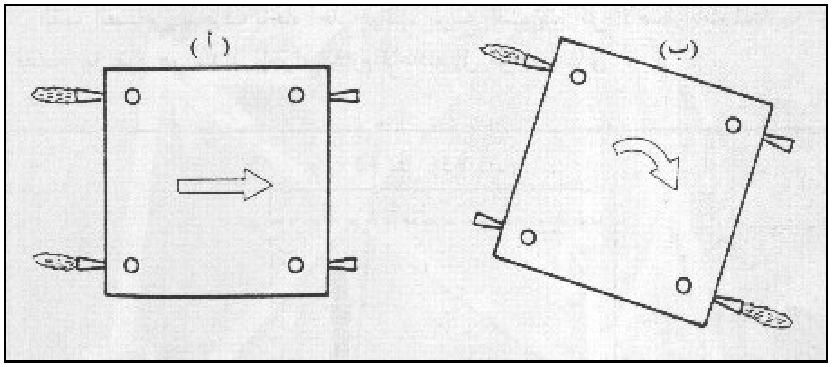
ان القمر الصناعي يجب ان يتواجد في موقع ثابت في الفضاء في مربع لاتتجاوز ابعاده **40 X 40** ميل لضمان وصول الاشارة بصورة جيدة من والى المحطة الارضية والى المشتركيين على الارض وحتى لانضطر الى تغيير اتجاه الهوائي كلما تغير الموقع وهذا غير مقبول من الناحية العملية لان ملايين هوائيات الاستقبال (الصحون) على الارض تضطر لتغيير اتجاهاتها كلما تغير موضع القمر .



شكل(19-1) الشكل يوضح الابعاد المسموح للقمر التحرك بها دون تصحيح الموقع

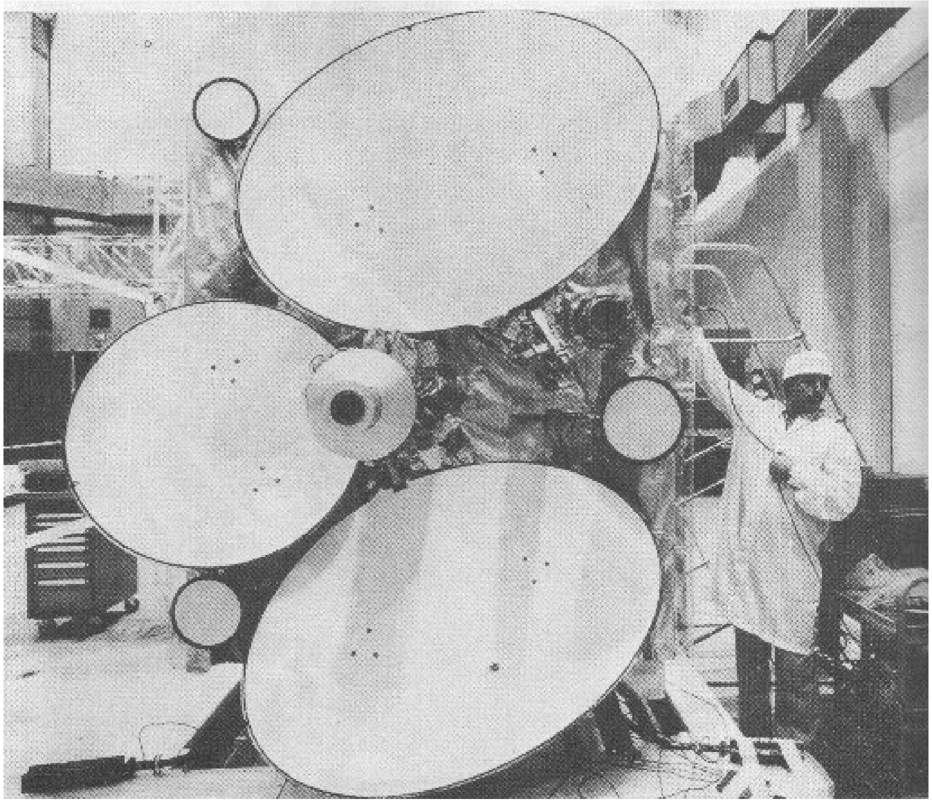
ولمعالجة هذه المشكلة عند تحرك القمر خارج 40 ميل توضع اربع محركات دفع نفاث صغيرة في القمر لتصحيح موقعة واعادته الى الموقع الصحيح .

وعمر هذه الصواريخ هي التي تحدد العمر الافتراضي للقمر وتكون عادة بحدود 10 سنوات وفي نهاية فترة تشغيله يُخرج القمر من مداره بواسطة احد صواريخه النفاثة ليدخل المجال الجوي ويحترق او يسقط على الارض وليفسح المجال لوضع قمر جديد مكانه .



الشكل (20-1) الشكل يبين اشتغال صواريخ الدفع النفاثة لتصحيح موقع واتجاة القمر عند الحاجة

الشكل أ يبين اشتغال صاروخين من الجهة اليسرى للقمر تقوم بدفعه نحو الجانب الايمن (عند تحرك موقعه الى اليسار)
الشكل ب يبين اشتغال صاروخين متقابلين لتدوير القمر نحو اليمين (عند اختلاف اتجاهه نحو اليسار)



شكل (21-1) منظر للهوائيات المركبة على قمر تيليكوم 1 الصناعي الفرنسي

الفصل الثاني

تعاريف ومصطلحات الكترونية ولاسلكية

سنتناول في هذا الفصل تعاريف وشرح لبعض المصطلحات والمفاهيم المهمة للالكترونيات واللاسلكي وتبسيطها وعرض بعض الرسوم التوضيحية لها لغرض ايصال المعلومة للقاريء بصورة متكاملة وصحيحة .

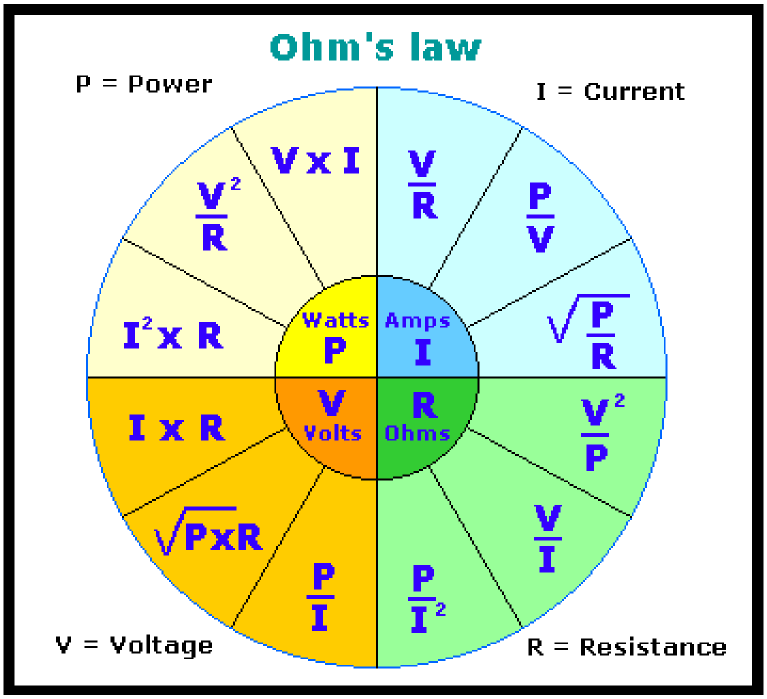
ماهو **التيار الكهربائي** ! هو ظاهرة معاكسة لمرور سيل من الالكترونات في موصل معين . فالالكترونات عادة تسري من القطب السالب (–) الغني بالالكترونات الى القطب الموجب (+) والتيار الكهربائي سيسري عكس هذا الاتجاه اي من الموجب الى السالب .

الفولت volt : هو القوة الدافعة الكهربائية التي تؤثر على التيار الكهربائي عبر موصل معين . فعند مرورتيار قدره 1 امبير في موصل مقاومته 1 اوم تكون القوة الدافعة على طرفيه 1 فولت . وحدة الفولت (V)
نسبة الى العالم الايطالي الكسندر فولتا مخترع الخلية الكهربائية .

الامبير Ampere : هي شدة التيار الكهربائي المارة في موصل مقاومته 1 اوم وفرق الجهد على طرفيه 1 فولت ووحدتها الامبير (A) نسبة الى العالم الفرنسي امبير

المقاومة resistance :
ماهي المقاومة ؟؟؟ هي الاعاقة التي يبديها الموصل تجاه التيار الكهربائي المار عبرها ووحدتها الاوم Ω نسبة الي العالم الالماني جورج اوم . فعند مرور تيار كهربائي شدته 1 امبير عبر موصل فرق الجهد على طرفيه 1 فولت تكون مقاومته 1 اوم .

هنالك علاقة تربط الفولت والامبير والاوم ببعضها يدعى **قانون اوم**
الفولت = الامبير X المقاومة


Ohm's law
P = Power
I = Current
V = Voltage
R = Resistance
Watts
P
Amps
I
V
Volts
R
Ohms
V x I
V²/R
I² x R
V/R
P/V
√(P/R)
I x R
√PxR
P/I
V²/P
V/I
P/I²

شكل (1 – 2) العلاقة بين التيار والفولتية والمقاومة والقدرة (قانون اوم)

القدرة power : هي القابلية على انجاز شغل وتقاس بالواط (W) نسبة الى العالم الانكليزي جيمس واط فاذا مر تيار شدته 1 امبير في موصل فرق الجهد على طرفيه 1 فولت فالقدرة الناتجة تساوي 1 واط .

الواط = الفولت X الامبير

الكولوم coulomb : هو وحدة قياس تدفق الشحنة فاذا كان موصل ما يمرر تيارا قدرة 1 امبير فان الشحنة المارة في ثانية واحدة تساوي كولوما واحدا .

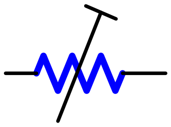
وحدة الكولوم امبير / ثانية , amp / sec

التيار الكهربائي المستمر Direct current : ويرمز له بالرمز DC ويعني تياركهربائي ثابت الشدة والاتجاه مع الزمن مثال تيار البطارية الكهربائية .

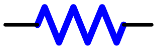
التيار الكهربائي المتناوب Alternative current : و يرمز بالرمز AC ويعني تيارا متغير الشدة والاتجاه مع الزمن مثل التيار العمومي 220VAC

الرموز الاصطلاحية لبعض القطع الالكترونية المهمة :

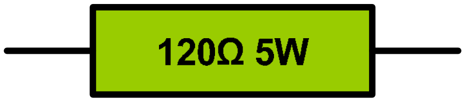
المقاومة resistance : تعتبر المقاومة من القطع المهمة والشائعة الاستعمال في كل الاجهزة الالكترونية وهي على عدة انواع واحجام منها الكاربونية ومنها الفلم ومنها السلكية وبقدرات مختلفة ومنها الثابتة ومنها المتغيرة ووحدة قياسها الاوم Ω والكيلو اوم = 1000 اوم والميجا اوم = 1000000اوم قيمة غالبية المقاومات وخصوصا ذات القدرات المنخفضة ترمز بالالوان والعالية القدرة والسلكية تكتب قيمتها وقدرتها على احد جوانبها .



مقاومة متغيرة

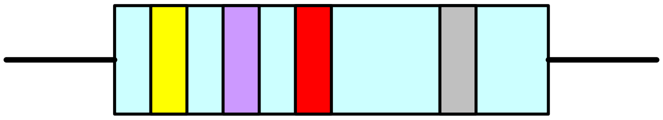


مقاومة ثابتة



مقاومة ثابتة

شفرة الالوان الخاصة بقرأءة المقاومات
الاسود = 0 البني = 1 الاحمر = 2 البرتقالي = 3 الاصفر = 4
الاخضر = 5 الازرق = 6 البنفسجي = 7 الرصاصي = 8
الابيض = 9 الذهبي = نسبة خطأ 5% الفضي = نسبة الخطأ 10%
بدون لون = نسبة خطأ 20%

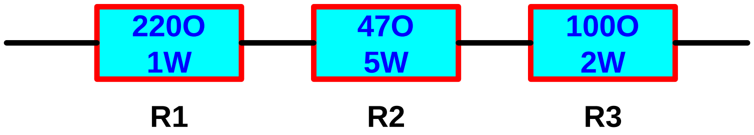


الأصفر = 4 (يكتب رقما) من اليسار
البنفسجي = 7 (يكتب رقما) بعده
الاحمر = 2 (تكتب قيمته اصفارا) بعده
الفضي = 10% نسبة خطأ

قيمة المقاومة = **4700 Ω** او **4.7kΩ** بنسبة خطأ بالقيمة 10 %

جمع المقاومات: تجمع المقاومات وتربط اما على التوالي او التوازي او الاثنين معا للحصول على قيم او قدرات معينة لانتمكن من الحصول عليها بصورة منفردة .

ربط التوالي : تكون القيمة المكافئة اكبر من اكبر قيمة في المجموعة والقدرة الكلية تكون قدرة اقل قدرة مقاومة مربوطة .

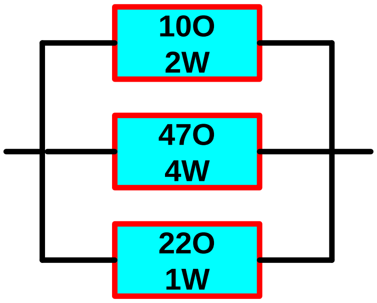


المقاومة المكافئة الكلية للمجموعة   R1 + R2 + R3+ R4+ R! = Rt

367Ω = 100 + 47 + 220 = والقدرة الكلية للمجموعة 1W وهي قدرة اقل مقاومة مربوطة

والطريقة نفسها لاي عدد من المقاومات

ربط التوازي : تكون القيمة المكافئة للمقاومات عادة اقل من قيمة اي مقاومة مربوطة والقدرة المكافئة هي مجموع قدرات كل المقاومات .



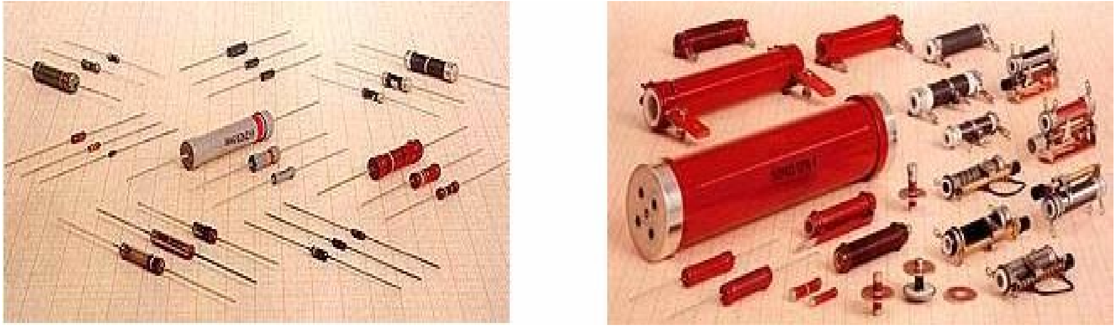
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R!}$$

$$= \frac{1}{10} + \frac{1}{47} + \frac{1}{22} = \frac{1}{6}$$

$$R_T = 6 \text{ ohms} \qquad 7W$$

وبنفس الطريقة لأي عدد من المقاومات

ربط التوازي والتوالي معا: تستخرج قيمة كل مجموعة على انفراد وتجمع سوية حسب طريقة ربطها.



شكل(2 – 2) مقاومات ثابتة عالية القدرة (اليمين) وقليلة القدرة (اليسار)

هناك بعض انواع المقاومات المحدودة الاستعمال وسنتطرق اليها بشكل سريع

1- المقاومات الحرارية : وهي مقاومات تتغير قيمها بتغير درجة الحرارة وتستعمل كمتحسسات للحرارة (ثرموسترات) وهي على نوعين

ا- مقاومة ذو معامل حراري سالب (NTC) مقاومة تقل قيمتها بارتفاع درجة حرارتها Negative temperature coefficient وهي على قيم عديدة وحسب الدرجات الحرارية المطلوبة .

ب- مقاومة ذو معامل حراري موجب (PTC) مقاومة ترتفع قيمتها بارتفاع درجة حرارتها Positive temperature coefficient وهي على قيم عديدة وحسب الدرجات الحرارية المطلوبة .

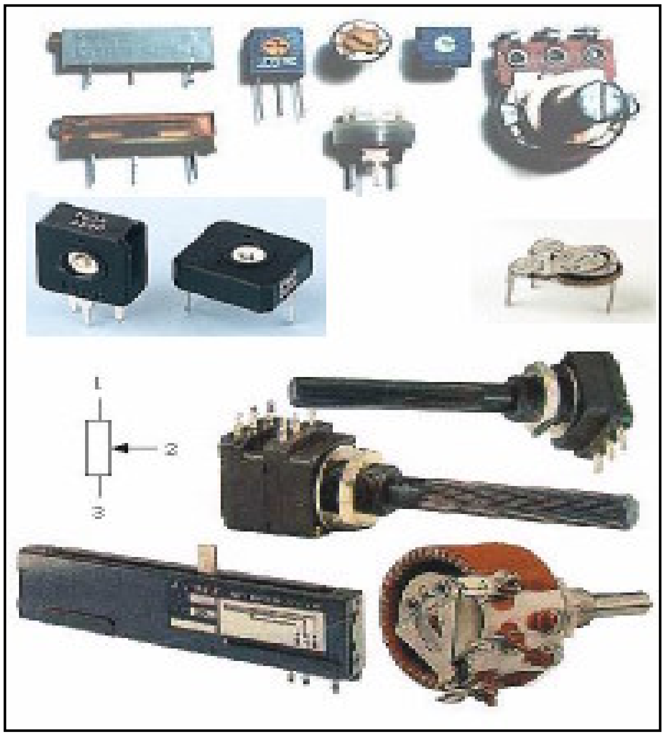
-2 المقاومات الضوئية photo resistor :

وهي مقاومة تعتمد في قيمتها على شدة الضوء الساقط عليها وقيمتها حوالي 100Ω في الضوء الساطع و 10MΩ في الظلام ويمكن استعمالها كمتحسسات لشدة الضوء . تصنع المقاومة من كبريتيد الكادميوم وهي المادة الاكثر شيوعا لتماثل حساسيتها حساسية العين البشرية
ويمكن استخدامها ايضا للتحسس والكشف
عن الاشعة تحت الحمراء .

الشكل(3 – 2) مقاومة ضوئية

-3 المقاومة المتغيرة variable resistor

وهي مقاومات متغيرة القيمه منها الكاربونية وهي على مدى واسع من 50Ω إلى حوالي MΩ10 وذات قدرات مختلفة وتغير باليد او المفك والسلكية ومداها اقل بكثير من 10Ω الى 100KΩ وقدراتها عادة تكون كبيرة وتغير باليد (سلايد) او محور او بالمفك او متعددة الدورات .



شكل (4 – 2) مجموعة من المقاومات المتغيرة الكاربونية والسلكية والسلايد والمتعددة الدورات multi turn

المتسعات Condenser :

المتسعات من القطع الالكترونية المهمة والشائعة الاستعمال في كافة الاجهزة الالكترونية والمتسعات على عدة انواع منها الهوائية والورقية والسيراميك والبوليستر والبولي بروبلين والمايكا والخزفية والالكتروليتية والتنتاليوم .

تقاس السعة للمتسعات بالمايكرو فراد MF or µf وللقيم الاقل نانوفراد nF والاقل قيمة بالبيكوفراد pf

مايكروفاراد = 10^{-6} فاراد

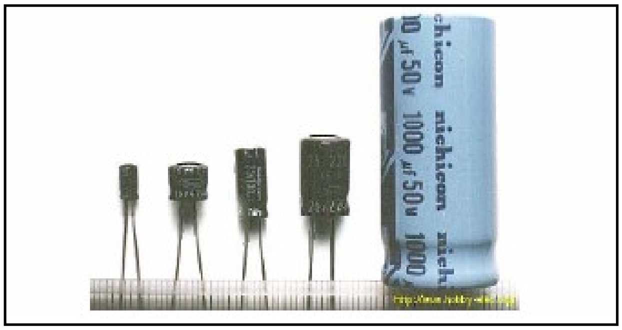
النانوفاراد = 10^{-9} فاراد

والبيكوفاراد = 10^{-12} فاراد

مكثّفات متعددة الطبقة الخزفية:

هذه المكثفات يكون لها عازل من عدة طبقات ومع ذلك تمتاز بصغر الحجم ودرجة حرارة جيدة وخصائص تردد مستقرة. كما أنها ليس لها قطبية.

وهي تستخدم في ترشيح إشارات التردد العالي الرقمية من خلال إمرار الترددات العالية غير المربعة على القطب الأرضي .



متسعات كمياوية (الكترولويتية)

مكثّفات السيراميك :

المكثّفات الخزفية مبنية بمواد مثل باريوم التيتانيوم الحامضي وتستخدم في تطبيقات الترددات العالية . سعتهم صغيرة نسبياً وليس لها قطبية.

المكثّفات الخزفية لا يجوز أن تستخدم في الدارات التشابهية لأنهم يمكن أن يشوهوا الإشارة.

103Z
http://www.hobby-eleo.org/

مكثّفات Tantalum:

وهي أيضاً عبارة عن مكثّفات اليكتروليتية ولها قطبية يشار إليها بـ + وتمتاز هذه المكثفات بأنها مستقرة لذا تستخدم في الدارات التي تحتاج استقرار عالي في قيم السعة

: Mica Capacitors

تستعمل هذه المكثّفات مادة Mica كعازل .

تمتاز بأن لها استقرار جيد ، لأن معامل درجة حرارتها صغير ، ولأن خاصية ترددها ممتازة .

هي تستعمل في دارات الرنين ، ومرشحات التذبذب العالي أيضاً .

وهي معزولة جيداً ، ولذا يُمْكِنُ أنْ تستعمل في دارات الجهد العالية . ليس لها قطبية ...

مكثّفات الطبقة المضاعفة الكهربائية (ممتازة) :

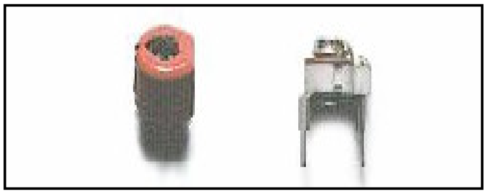
هذه المكثفات تعتبر من أفخر الأنواع وأكثرها استقراراً بالإضافة لسعاتها العالية رغم صغر حجمها.

NEC
5.5V
FS
NEC

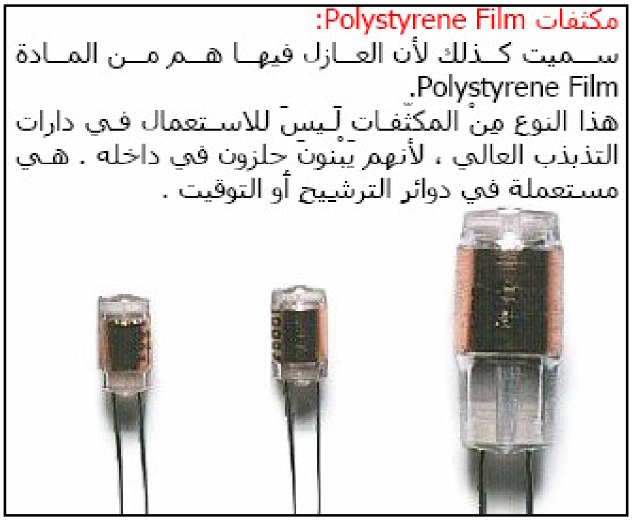
: Poly propylene Capacitors

هذه المكثفات تستخدم في مجال ترددات 100KHZ ومادون .

متسعات بوليستر فلم معدني



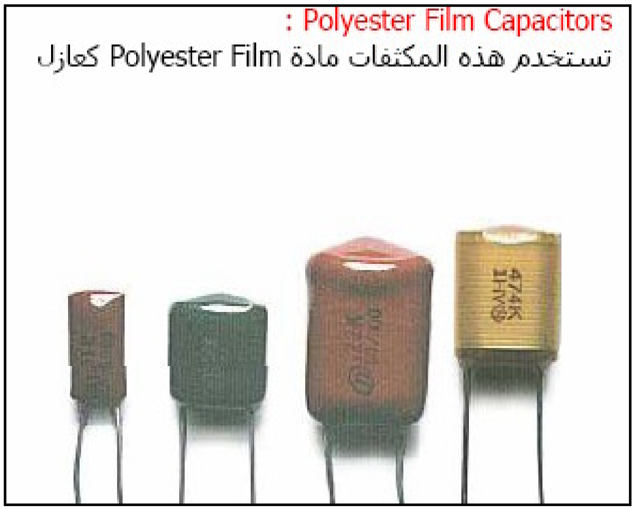
متسعات ضبط هوائية



مكثّفات Polystyrene Film:

سميت كذلك لأن العازل فيها هم من المادة Polystyrene Film.

هذا النوع مِنْ المكثّفات لَيسَ للاستعمال في دارات التذبذب العالي ، لأنهم يَبْنونَ حلزون في داخله . هي مستعملة في دوائر الترشيح أو التوقيت .



: Polyester Film Capacitors

تستخدم هذه المكثفات مادة Polyester Film كعازل

شكل (5 – 2) انواع متنوعة من المتسعات

جدول يبين انواع واستعمالات عدد من المتسعات الشائعة :

النوع	المميزات	البنية	الفولتية	السعة	الاستعمال
خزفي سيراميك	صغير الحجم قليل المحاثة	خزف مطلي بالايبوكسي	100V	2.2pf 100nf	بين مراحل المكبرللترددات العالية والمتوسطة ودوائر التغذية
الكتروليتي (كمياوي)	قيم كبيرة و مستقطبة	صفيحتي المنيوم ملفوفة وبينهما مادةالكتروليتية	6.3v 400v	1mf الى 30,000mf	دوائر التغذية ومراحل المكبرات و التخزين
فيلم ممعدن	كبير الحجم و غالي الثمن	فيلم ممعدن وغلاف فولاذ	600v	2mf الى 16mf	تصحيح عامل القدرة لل AC
مايكا	مستقرومتدني معامل حرارة	مايكامفضضة ومطليةبالسمنت	350v	2.2pf 10nf	المذبذبات عالية التردد/ مؤقتات /المرشحات
بولي كاربونات	عالي استقرار حجم صغير	بولي كاربونات مغلف بالايبوكسي	63v الى 160v	1nf الى 10mf	دوائر الترشيح والتوقيت
بوليستر	عام الاغراض	بوليسترممعدن مغمسةبالراتنج	400v	10nfالى 2.2mf	مرشحات و دوائر قدرة
بولي بروبلين	عازل كهربائي قليل الفقد	بولي بروبلين مغلفةبالايبوكسي	450v	1nfالى 470nf	دوائر عالية الفولتية ومرشحات
بوليسترين	رخيص الثمن وقيمه قليلة	بوليسترين ملفوف بشكل انبوبي	160v	10pfالى 10nf	دوائرالتوقيت/ المرشحات/ المذبذبات
تنتاليوم	قيم كبيرة و حجم صغير	كرة تنتاليوم مسامية مملوءة بالالكتروليت	6.3v الى 35v	0.1mf الى 100mf	مرشحات و دوائر قدرة و مضخمات

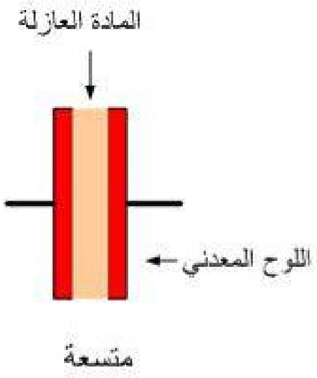
شكل (6 – 2) جدول بانواع وخواص واستعمالات انواع من المتسعات

المتسعة عبارة لوحين من المعدن تفصل بينهما مادة عازلة قد تكون هواء , مايكا ورق مزيت او مادة الكتروليتية الخ .....

هنالك عوامل مهمة تحدد سعة المتسعة واقصى فولتية اشتغال وهي :

1- مساحة لوحي المتسعة حيث تتناسب المساحة تناسبا طرديا مع السعة
2- المسافة بين اللوحين حيث تتناسب المسافة تناسبا عكسيا مع السعة
3- تتناسب السعة مع ثابت العزل تناسبا طرديا ولك مادة ثابت عزل خاص بها فثابت العزل للهواء = 1 , والمايكا = 5 - 7 , والزجاج = 8 وهكذا .....

عند صناعة المتسعات وخصوصا ذات السعات العالية لايمكن عمليا استعمال لوحين معدنيين كبيرين جدا بسبب كبر الحجم غير الطبيعي لها ولذلك يستخدم شريطين من الالمنيوم بينهما العازل المطلوب ويلفان سوية كالسجادة لتقليل الحجم الى اقل مايكمن . وبالنسبة للمتسعات الكمياوية فأن سائل الكتروليتي يستعمل كمادة عازلة بسبب ثابت عزله العالي للحصول على قيمة عالية للمتسعة وتكون المتسعة الكيمياوية ذا قطبية + و – وتراعى القطبية عند الربط بالدائرة لتفادي انفجار المتسعة عند انعكاس القطبية عليها ولكل متسعة فولتية تشغيل خاصة مثبتة عليها ولا ينبغي تجاوزها لتجنب تلفها .



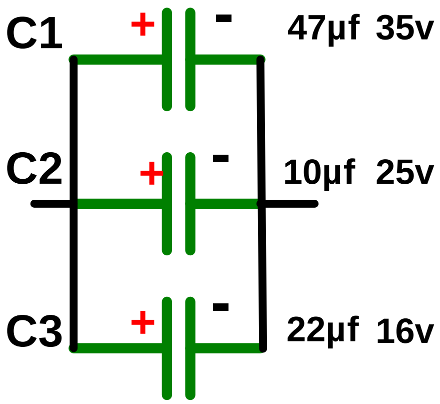
شكل (7 - 2) متسعة

تختلف استعمالات المتسعات في الدوائر الالكترونية حسب موقع استخدامها فالمتسعات الالكتروليتية (الكمياوية) تستخدم في دوائر مجهزات القدرة كمرشحات للتيار ال DC وكذلك تستخدم بين مراحل المكبرات الواطئة التردد وتستخدم كاداة للشحن والتفريغ . وبالنسبة للمكثفات غير الالكتروليتية فلها استخداماتها كعزل التغذية وتمرير الاشارة بين مراحل المكبرات المتوسطة والعالية التردد ودوائر الموقتات والمذبذبات ومولدات النبضة وغيرها .

طرق جمع المتسعات :

تربط المتسعات على طريقتين بغية الحصول على قيم غير متوفرة او زيادة فولتية التحمل والطريقة الاولى

ربط التوازي : تكون القيمة المكافئة للمجموعة اكبر من اكبر قيمة في المجموعة وفولتية التحمل للمجموعة تساوي اقل فولتية لاي متسعة مربوطة وتراعى ربط القطبيات المتماثلة في حالة استخدام المتسعات الكيمياوية .

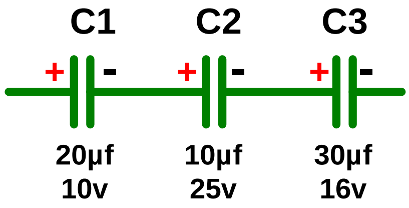


$$C_T = C1 + C2 + C3 + C!$$

$$= 47\mu f + 10\mu f + 22\mu f$$

$$= 79\mu f \ 16v$$

ربط التوالي : تكون القيمة المكافئة للمجموعةاصغرمن قيمة اصغر متسعة مربوطة و فولتية التحمل للمجموعة تساوي مجموع فولتيات المتسعات و تراعى ربط القطبيات المختلفة في حالة استخدام المتسعات الكيمياوية



$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \frac{1}{C!}$$

$$= \frac{1}{20} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30}$$

$$C_T = 5.5\ \mu f \ \ 51v$$

ممانعة المتسعة Condenser Reactance (XC)

ان المتسعة كالملف تعيق التيار المتردد الا ان المتسعة تتصرف عكس الملف حيث ان الملف تزيد اعاقته للتيار المتردد بزيادة حثه و زيادة التردد اما المتسعة فتنقص ممانعتها للتيار المتردد بزيادة سعتها و زيادة التردد اي ان الملف الكبير الحث له اعاقة كبيرة في تيار عالي التردد و ان المتسعة عالية السعة لها اعاقة صغيرة في تيار عالي التردد اي ان الاعاقة تتناسب عكسيا مع التردد في المتسعات .

تحدد قيمة ممانعة المتسعة بالمعادلة التالية :

$$X_c(\text{Ohm}) = \frac{1000000}{2 \pi F C} = \frac{0.159}{F C}$$

X_c = ممانعة المتسعة بالاوم Ω

π = 3.14 النسبة الثابتة

F = الذبذبة بالميكا هيرتز MHz

C = السعة بالمايكرو فاراد µf

مثال:مكثف سعته 100 pf سلط عليه تردد قدره 1 MHz فما هي ممانعته؟

$$X_c(\text{Ohm}) = \frac{0.159}{F C} = \frac{0.159}{1 \times 0.0001} = 1590\ \Omega$$

و ان المكثف نفسه لو سلط عليه تردد قدره 1000 MHz فأن الممانعة تساوي

$$\frac{0.159}{1000 \times 0.0001} = 1.59\ \Omega$$

ولو سلط على نفس المكثف تردد قدره 100 Hz فان الممانعة تساوي

$$\frac{0.159}{0.0001 \times 0.0001} = 15.9\ \text{M}\Omega$$

اشباه الموصلات Semiconductors

ان اكثر القطع الالكترونية اهمية وتأثيرا في الوقت الحاضر هي التي تصنع من البلورات والتي تسمى اشباه الموصلات .
هنالك العديد من المواد الموصلة الا ان السليكون (وهو العنصر الاساسي المكون للرمل) هو الاكثر شيوعا واستعمالا في الترانسستورات والدوائر المتكاملة والدايودات والثايرسترات وغيرها .
السيلكون النقي ليس بذي فائدة لذا يعمد منتجو السليكون الى اضافة بعض الشوائب مثل البورون او الفسفور للحصول على سليكون موجب + وسالب –

فارتباط ذرة السليكون مع ذرة البورون يترك فراغا لالكترون يمكن ان يضاف الى المدار وهذا الفراغ يشكل فجوة (Hole) وعندما تحصل هذه العملية فان الفجوة تتحرك من موقع الى اخر كما تتحرك الفجوة الهوائية خلال الماء . وتسمى هذا البلورة بلورة سليكون نوع P (موجب) .

وارتباط ذرة السليكون مع ذرة الفسفور يترك الكترونا فائضا يضاف الى المدار ويستطيع هذا الالكترون الفائض ان يتحرك خلال البلورة بسهولة وهذا يعني ان البلورة تستطيع ان تنقل التيار الكهربائي بسبب وجود الالكترونات الحرة فيها . .
وتسمى هذا البلورة بلورة سليكون نوع N (سالبة) .

وبامكان البلورة P ان تنقل التيار الكهربائي ايضا لوجود الفجوات الموجبة فيها .

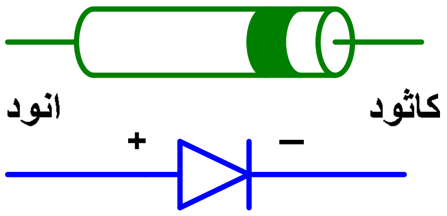
الدايودات Diodes

الدايودات هي مكونات ثنائية الاطراف تبدي مقاومة ضئيلة في وجه التيار الساري في اتجاة ما ومقاومة عالية في وجه التيار الساري في الاتجاه الاخر .
الوجهة التي يسري فيها التيار تسمى الاتجاه الامامي (Forward)
والوجه التي يسري بها تيار ضئيل جدا تسمى الاتجاه العكسي (Reverse)

تتضمن الدايودات بشكل عام عقدة واحدة من نوع P- N وتوصيلتها الموجبة P تسمى الانود (Anode) وتوصيلتها السالبة N تسمى الكاثود (Cathode) واذاربطنا بلورة سليكون P مع اخرى نوع N فان التداخل يدعى ملتقى او عقدة (P- N Junction) .

والدايودات عموما على نوعين الاول دايودات الجرمانيوم والثاني دايودات السليكون .
دايودات الجرمانيوم تصبح موصلة عند فولتيات انحياز امامية ادنى منها في دايودات السيلكون (0.2V – 0.3V) جرمانيوم و(0.6V –0.7V) سليكون

شكل(8 – 2) دايود نموذجي



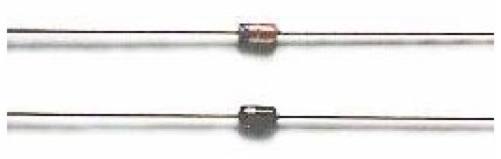
دايود نموذجي

انواع الدايودات

هناك العديد من انواع الدايودات والتي تستخدم لاغراض متباينة واهم هذه الانواع

1- الدايود البلوري الكاشف Signal Diode

يستخدم لتحويل التيارات المتناوبة AC الضعيفة الى تيارات مستمرة DC وكشف الاشارات الراديوية وامتصاص النتوئات الكهربائية الموجية .



شكل (9 – 2) دايود كاشف جيرمانيوم وسليكون

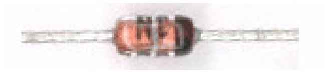
2- دايود القدرة Power Diode

ويستخدم في دوائر تجهيز القدرة power supply لتحويل التيارات المتناوبة AC العالية التيار المستمر DC وتصنع انواع منه بغلاف معدني لتسريب الحرارة الى الواح التسريب Heat sink

شكل (10 – 2) دايود قدرة IN5408

3- دايود زنر Zenar Diode

يتميز دايود الزنر بكونه يختص بفولتية انهيار معاكسة محددة **Reverse Breakdown Voltage** مما يعني امكانية استخدامه كمتحسس للفولتية ويعمل كمفتاح في هذه الحالات وتتوفر دايودات مصممة لفولتيات من **2V** الى **200V** وبقدرات مختلفة .

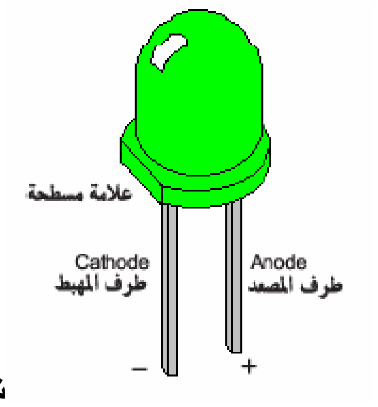


شكل (2 - 11) زنر دايود

4- دايود الانبعاث الضوئي Light Emitting Diode (LED)

ان جميع الدايودات تبعث اشعاعات كهرومغناطيسية عند توصيلها ال مصدر تيار باتجاه امامي الا ان بعض الدايودات (المصنوعة من مركب الكاليوم – زرنيخ – فوسفات) تبعث باشعاعات اكثر بكثير من التي تصدر عن السلكون وتكون ضمن المنطقة المرئية من الطيف الترددي وبعدة الوان ولهذا تسمى

LED



شكل (2 – 12) دايود انبعاث ضوئي LED

Type	Colors	I_F max.	V_F type.	V_F max.	V_R max.	Luminous intensity	Viewing angle	Wavelength
Standard	Red	30mA	1.7V	2.1V	5V	5mcd @ 10mA	60°	660nm
Standard	Bright red	30mA	2.0V	2.5V	5V	80mcd @ 10mA	60°	625nm
Standard	Yellow	30mA	2.1V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	590nm
Standard	Green	25mA	2.2V	2.5V	5V	32mcd @ 10mA	60°	565nm
High intensity	Blue	30mA	4.5V	5.5V	5V	60mcd @ 20mA	50°	430nm
Super bright	Red	30mA	1.85V	2.5V	5V	500mcd @ 20mA	60°	660nm
Low current	Red	30mA	1.7V	2.0V	5V	5mcd @ 2mA	60°	625nm

5- الدايود الضوئي Photo Diode

ان جميع الدايودات تستجيب للضوء بقدر او باخر الا ان هنالك انواع مصممة خصيصا لتحسس الضوء وتسمى الدايودات الضوئية وتزود هذه الدايودات بفتحة تسمح للضوء بالنفاذ ولها مساحة كبيرة نسبيا ويعتبر دايود السليكون من افضل الدايودات لهذا الغرض.

شكل (13 – 2) دايود ضوئي

6- دايودات شوتكي Shockey Diode

ان جميع الدايودات تاخذ فترة زمنية محددة لتعود الى حالتها الايصالية (الحالة الاولية) وينجم هذا عن التخزين الداخلي للشحنة والذي قد يسبب بأشكالات اذا استخدمت في دوائر نبضية وتزداد الاشكالات بزيادة قدرة الدايود . الا ان دايودات شوتكي تتميز بهبوط الفولتية الامامية بنصف ما يحصل في الدايودات الاعتيادية وهي سريعة جدا في العودة الى حالتها الطبيعية وتستخدم بكثرة في مجهزات القدرة ذات النمط المتحول . (Switched mode power supply) .

شكل (14 – 2) دايود شوتكي

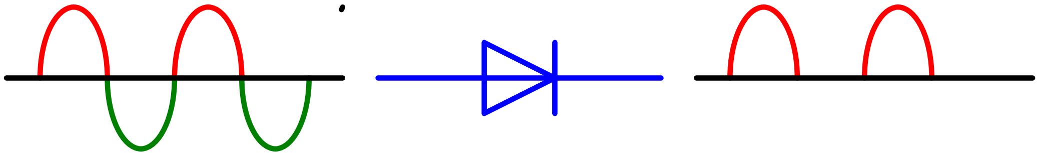
7- دايود سعوي (فاريكتور) Virector

ويعني مكثف متغير السعة (verbal capacitor

لهذا الدايود خاصية تغيير سعته الداخلية بتغيير فرق الجهد على طرفية لذا يستخدم كمتسعة متغيرة مع ملف الرنين في المذبذبات بحيث يمكن تغير تردد المذبذب عن بعد بتغير فرق الجهد على طرفيه وقد ادى اكتشاف الفاريكتور الى انقلاب وتطور هائل في صناعة مذبذبات الترددات الفائقة العلو حيث وقفت المتسعة المتغيرة هي ومشاكلها الميكانيكية عند مستوى معين من الترددات لم يمكن تجاوزها .

مبدأ عمل الدايود

يستخدم الدايود بابسط صوره كمقوم للموجة المفردة



الشكل (15 – 2) يستخدم الدايود كمقوم للموجة حيث يقوم بتمرير جزء الموجة الموجب (الاحمر اللون) حسب اتجاه ربطه وفي حاله عكس ذلك يقوم بتمرير جزء الموجة السالب (الاخضر اللون) .

التراانسستر Transistor

يعتبر الترانسستر من اهم مكتشفات القرن العشرين والذي احدث انقلابا هائلا في مجال الالكترونيات وخصوصا الحاسبات الالكترونية والاتصالات اكتشف الترانسستر عام 1948 في مختبرات شركة بيل الامريكية الفيزياويين الثلاثة (جون باردين , وليام شوتكلي , والتر براتين) واللذين حصلو على جائزة نوبل بالفيزياء عام 1956 على اكتشافهم للترانسستر .
John Bardeen, William Shockley, and Walter Brattain

أن الترانسستر هو اداة شبه موصلة لها ثلاثة اقطاب . حيث يستطيع تيار او فولتية ضئيلة مسلطة على قطب واحد السيطرة على تيار او فولتية كبيرة تمر خلال القطبين الاخرين

يعني هذا ان بالامكان استخدام الترانسستور كمضخم Amplifier او كمفتاح Switch او مذبذب وغيرها من الاستخدامات و هناك نوعين من الترانسستور :

الاول : يدعى ثنائي القطبية Bipolar Transistor

الثاني : يدعى ترانسستور تأثير المجال Field effect Transistor

الترانسسترات ثنائية القطبية :

1- ترانسسترات الكشف Signal Transistor

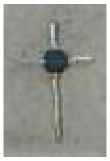
يستخدم لتقوية و تكبير الاشارات الضعيفة و يدخل في هذا النوع ترانسسترات الفتح والغلق Switching .

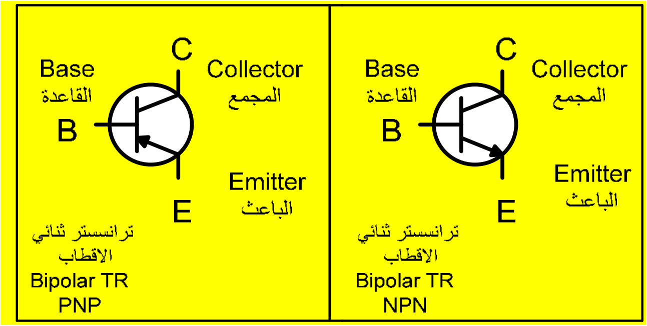
2- ترانسسترات القدرة Power Transistor

تستخدم في مكبرات القدرة العالية في مجهزات القدرة Power Supply و تتميز بكبر حجمها و ذات سطوح معدنية واسعة لتسريب الحرارة .

3- ترانسسترات التردد العالي High Frequency Transistor

تستخدم في اجهزة الراديو و التلفزيون و اجهزة الاتصالات ذات التردد العالي و تكون منطقة القاعدة فيها رقيقة جدا .




Base
القاعدة
B
C
Collector
المجمع
E
Emitter
الباعث
ترانسستر ثنائي الاقطاب
Bipolar TR
PNP
Base
القاعدة
B
C
Collector
المجمع
E
Emitter
الباعث
ترانسستر ثنائي الاقطاب
Bipolar TR
NPN

شكل (2 – 16) ترانستر ثنائي الاقطاب Bipolar transistor

ملاحظات حول ترانسستور ثنائي القطبية :

أن الترانسسترات تشترك مع الدايودات بعدد من الخواص اهمها :

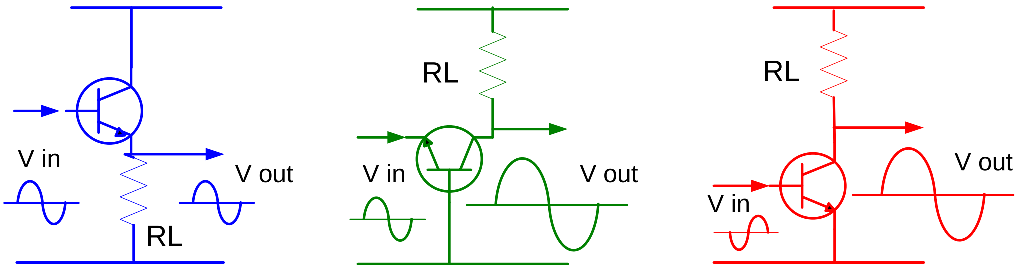
1- **ان وصل القاعدة ــ الباعث (او الدايود) لن يعمل ما لم تصل الفولتية المسلطة اكثر من 0.6 V لترانسسترات السليكون و 0.3V لترانسستر الجرمانيوم**

2- **ان القدرة الكبيرة (مرور تيار كبير) تتسبب في تسخين الترانسستور و بالتالي عدم اشتغاله بشكل صحيح . فأذا وجد ان الترانسستور قد اصبح ساخنا يجب قطع التيار عن الدائرة او يمكن ربط الترانسستور الى قطعة من المنيوم لتسريب الحرارة.**

3- **ينبغي عدم تسليط فولتية عالية الى اقطاب الترانسستور لأن ذلك سيؤدي حتما الى اتلافه تماما .**

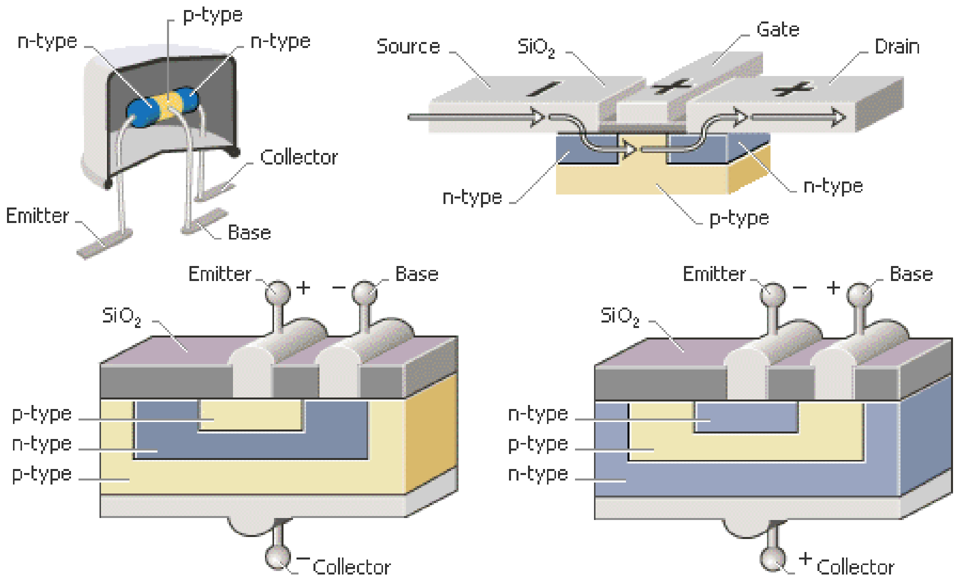
ميزات وطرق ربط الترانسستور الثنائي

الخواص	الباعث المشترك	المجمع المشترك	القاعدة المشتركة
كسب الفولتية	متوسط / عال 50	1	عال 500
كسب التيار	عالي 200	عالي 200	1
كسب القدرة	عال جدا 10000	عالي 200	عالي 500
مقاومة المدخل	متوسطة 2.5kΩ	عالية 100kΩ	متدنية 200Ω
مقاومة المخرج	وسط عال 20kΩ	متدنية 100Ω	عالية 100kΩ
فرق الطور	180	0	0



باعث مشترك قاعدة مشتركة مجمع مشترك

شكل رقم (17 – 2) طرق ربط الترانسستر الثنائي


p-type
n-type
n-type
Collector
Emitter
Base
Source
SiO_2
Gate
Drain
n-type
n-type
p-type
Emitter
+
−
Base
SiO_2
p-type
n-type
p-type
−
Collector
Emitter
−
+
Base
SiO_2
n-type
p-type
n-type
+
Collector

شكل (18 – 2) التركيبة الداخلية للترانسسترين الثنائي وتأثير المجال

ترانسسترات تأثير المجال Field Effect Transistor

لقد اصبحت ترانسسترات تـأثير المجال (FIT) اكثر اهميـة من ترانسسترات ثنائية القطبية و يمكن تصنيعها بسهولة و تستخدم كمية اقل من السيليكون و هي على نوعين :

أ- ترانسسترات اشباه موصلات الوصل **Junction**

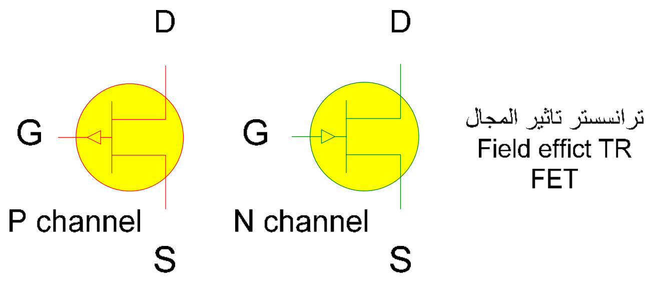
هناك نوعين اساسيين الاول يسمى نوع قناة – N (N-Channel) والثاني يسمى نوع قناة – P (P-Channel) والقناة تعمل كمقاومة سيليكونية توصل التيار فينقطة المصدر Source الى المصرف Drain . ان وجود فولتية على البوابة Gate (G) سوف يؤدي الى زيادة مقاومة القناة و تقليص التيار المار من Source (S) الى Drain (D) لذلك يمكن استخدام هذا النوع من الترانسسترات بمثابة مكبر او مفتاح .

ب- ترانسسترات اشباه موصلات الاكاسيد **Metal – Oxide**

و في كلا النوعين يتم السيطرة على تيار خرج كبير من خلال فولتية مدخل صغيرة و تيار ضئيل جدا .

الخواص	المصدر المشترك	المصرف المشترك	البوابة المشتركة
كسب الفولتية	متوسط 40	1	عال 250
كسب التيار	عال جدا200000	عال جدا200000	1
كسب القدرة	عال 8,000,000	عال جدا200000	عال 250
مقاومة المدخل	عال جدا 1MΩ	عال جدا 1MΩ	متدنية 500Ω
مقاومة المخرج	متوسطة 20KΩ	متدنية 100Ω	عالية 100KΩ
فرق الطور	180	0	0

شكل (19 – 2) ميزات طرق ربط الترانسستر المجالي FET



شكل (20 – 2) ترانسستر تاثير المجال FET

ملاحظات حول ترانسسترات JFET

نظرا لأن هذه الترانسسترات تعمل بسيطرة الفولتية فأن لها مزايا هامة بالمقارنة مع الترانسسترات الثنائية القطبية :

1- ان مقاومة القناة ـ البوابة تكون كبيرة جدا (ملايين الاومات) لذلك فأن لهذه الترانسسترات تأثير شبه معدوم على القطع و العناصر التي تربط مع البوابة.

2- ان المقاومة العالية بين القناة ـ البوابة تعني عمليا عدم مرور تيار في دائرة البوابة (و يعود السبب في ذلك الىان ارتباط القناة مع البوابة يؤلف دايود و هذا الدايود لا يمرر اي تيار بالاتجاه المعاكس).

3- الا ان الترانسسترات نوع JFET تماثل الترانسسترات ثنائية القطبية في احتمالها للتيارات الكهربائية العالية حيث تتلف عندما تتعرض لتيار او فولتية عالية .

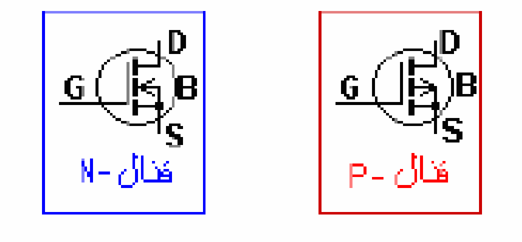
انواع ترانسسترات JFET

1- ترانسسترات الكشف
تستخدم ترانسسترات JFET في دوائر المدخل للمكبرات للحصول على مقاومة دخول كبيرة جدا و تستخدم كذلك كمفاتيح الكترونية .

2- ترانسسترات التردد العالي
تتوفر من هذه الترانسسترات انواع تتحمل ترددات عالية و تستخدم لغرض توليد الترددات العالية او تكبير هذه الترددات

ترانسسترات الاكاسيد الفلزية MOSFET

لقد اصبحت ترانسسترات تأثير المجال من نوع الاكسيد الفلزية (MOSFET موسفيت) اكثر اهمية من غيرها . حيث ان معظم الحاسبات المايكروية و معظم دوائر الذاكرة المتكاملة تستخدم الالاف من هذه الترانسسترات و يعود سبب ذلك الى سهولة تصنيعها و صغر حجمها كما انها تستهلك قدرا ضئيلا من الطاقة .



شكل (21 – 2) ترانسسترات موسفيت

ملاحظات حول الموسفيت Mosfet

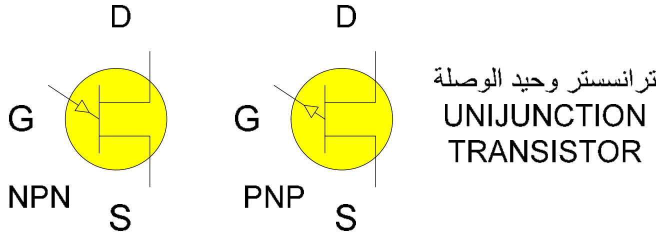
مقاومة الموسفيت هي اكبر من اي مقاومة في الترانسسترات الاخرى وهذه الخاصية تجعل للموسفيت فوائد هامة

1- ان مقاومة البوابة / القناة هي لانهائية (الف ميكا اوم) وهذا يعني ان البوابة لن تسحب اي تيار من الدائرة الخارجية عمليا .
2- ان الموسفيت يمكن ان يستخدم كمقاومة متغيرة تسيطر على الفولتية حيث ان فولتية البوابة تسيطر على مقاومة القناة .
3- ان الانواع الجديدة من الموسفيت يمكنها ان تفتح التيارات الكهربائية خلال اجزاء من البليون من الثانية .

بالنظر لرقة شريحة اوكسيد السيليكون الموجودة تحت البوابة فأن من السهل خرقها اذا سلطت عليها فولتية عالية جدا او تولدت شرارة كهربائية بسبب الكهربائية المستقرة التي تتولد بأحتكاك الملابس او رقائق السيلوفين التي تستخدم للتغليف و هذا ما يتلف الترانسستر كليا .

الترانسستر وحيد الوصلة Unijunction Transistor

ان الترانسستر وحيد الوصلة (UJT) هو ليس ترانسستر بالمعنى الكامل بل هو دايود له كاثودين و هذا النوع من الترانسستر يعمل كمفتاح مسيطر عليه بالفولتية ولا يقوم بالتكبير .



شكل (22 – 2) الترانسستر وحيد الوصلة Unijunction Transistor

الدوائر المنطقية Logic circuits

لا تنفك الالكترونيات الرقمية تدهش العالم بوتائر نموها المتسارعة دون هوادة فحاسبات الجيب اليوم اقوى باضعاف و اصغر باضعاف اكثر من الحواسيب الالكترونية الضخمة الاولى التي سادت قبل ربع قرن . و اذا ما اخذنا بالاعتبار الكلفة النسبية لهذه الحاسبات الصغيرة ة تلك الحواسيب العملاقة من حيث الحجم و هي ربما بحدود واحد على مليون لازداد انبهارنا بما حققته التقانة من تقدم .

و طبعا فان العامل الرئيسي الذي ساهم في ذلك هو توافر دوائر متكاملة على درجات متزايدة من التعقيد و التطور فبدلا من الصمام الالكتروني و المرحل اللذين سادا في الخمسينات انتشر منطق اشباه الموصلات القائم على وضع مئات الالاف من الترانسسترات ضمن شريحة سيليكونية واحدة لا تجاوز مساحتها سنتيمترا

مربعا . ان قدرة و مرونة هذه المكونات الجديدة تمثل تحديا حقيقيا امام مصممي الدوائر في وقتنا الحاضر .

العائلات المنطقية و مميزاتها :

ليس من الضروري عادة امتلاك فهم تفصيلي للدوائر الداخلية لدائرة متكاملة رقمية كي نستطيع استعمالها بشكل فعال يكفي ان نكون ملمين ببعض القواعد الاساسية المتعلقة بفولتية التغذية و متطلبات الادخال و الاخراج اضافة الى ذلك نحن نهتم بشكل اساسي بالوظيفة المنطقية للعناصر المنطقية و ليس بمميزاتها الكهربائية بحد ذاتها .

تنتمي الدوائر المتكاملة التي تعتمد عليها الدوائر الرقمية الحديثة الى واحدة من العائلات المنطقية اذ ان هذه التقنية هي التي تحدد مميزات المكون المعين و منها فولتية التغذية و تبديد القدرة و سرعة التبديل و المناعة ضد الضجيج.....

ان العائلات المنطقية الاكثر شيوعا هي عائلة اشباه الموصلات الاوكسي معدنية المكملة واختصارها (CMOS) وتعني
(Complementary Metal Oxide Semiconductor) , و عائلة المنطق الترانسستوري (Transistor Transistor logic) , ويرمز لها TTL وهي تنقسم الى عدة عائلات فرعية من بينها نوع شوتكي القليل القدرة (LS-TTL) .

ان المدى الاكثر شيوعا من المكونات المنطقية التقليدية التي هي من نوع TTL , يعرف بسلسلة ال " 74 ". من هنا فأن المكونات المرمزة بالارقام بالارقام 7400 , 7408 , 7432 , 74121 , تنتمي جميعها الى هذه العائلة التي يشار اليها غالبا باسم عائلة " TTL القياسية " اما تنويعات شوتكي المتدنية القدرة من تلك المكونات فهي تتميز بواسطة LS . و هكذا فان الرموز 74LS00 , 74LS08 , 74LS32 , 74LS121 تشير الى مكونات من نوع شوتكي القليل القدرة .

ان سلسلة ال 74 القياسية التي هي من نوع TTL معدة الاشتغال ضمن مدى درجة حرارة يتراوح بين 0 و 70 درجة مئوية . اما مثيلتها من حيث الدوائر الداخلية و الوظائف المنطقية ولكن التي تلبي المواصفات العسكرية فهي سلسلة ال 54 .

الاحرف المستعملة لمكونات TTL

الاحرف	المعنى
C	نسخة عن مكون TTL ولكن مصنوعة بتقنية CMOS
F	النسخة العالية السرعة من المكون
H	نسخة عالية السرعة / عالية القدرة
S	شوتكي (و هو اسم مأخوذ من تشكيلة دائرة الادخال)
HC	CMOS عالية السرعة (مع مداخل متوافقة مع CMOS)
HCT	نسخة CMOS عالية السرعة (مع مداخل متوافقة مع TTL)
L	منخفضة القدرة
LS	شوتكي منخفضة القدرة (تشكيلة ادخال شوتكي)

شكل (23 – 2) الاحرف المستخدمة مع مكونات TTL

في معظم التطبيقات ينبغي استعمال مكونات (LS) قبل غيرها فهي مثال جيدة بين سرعة الاشتغال واستهلاك الطاقة , كما انها متوفرة بكلفة اقل من غيرها من الانواع (بعض مكونات ال TTL القياسية لم تعد قيد الانتاج) اذا كان استهلاك الطاقة مهم جدا يمكن اللجوء الى استعمال مكونات CMOS بدلا من ال LTTL او LSTTL .

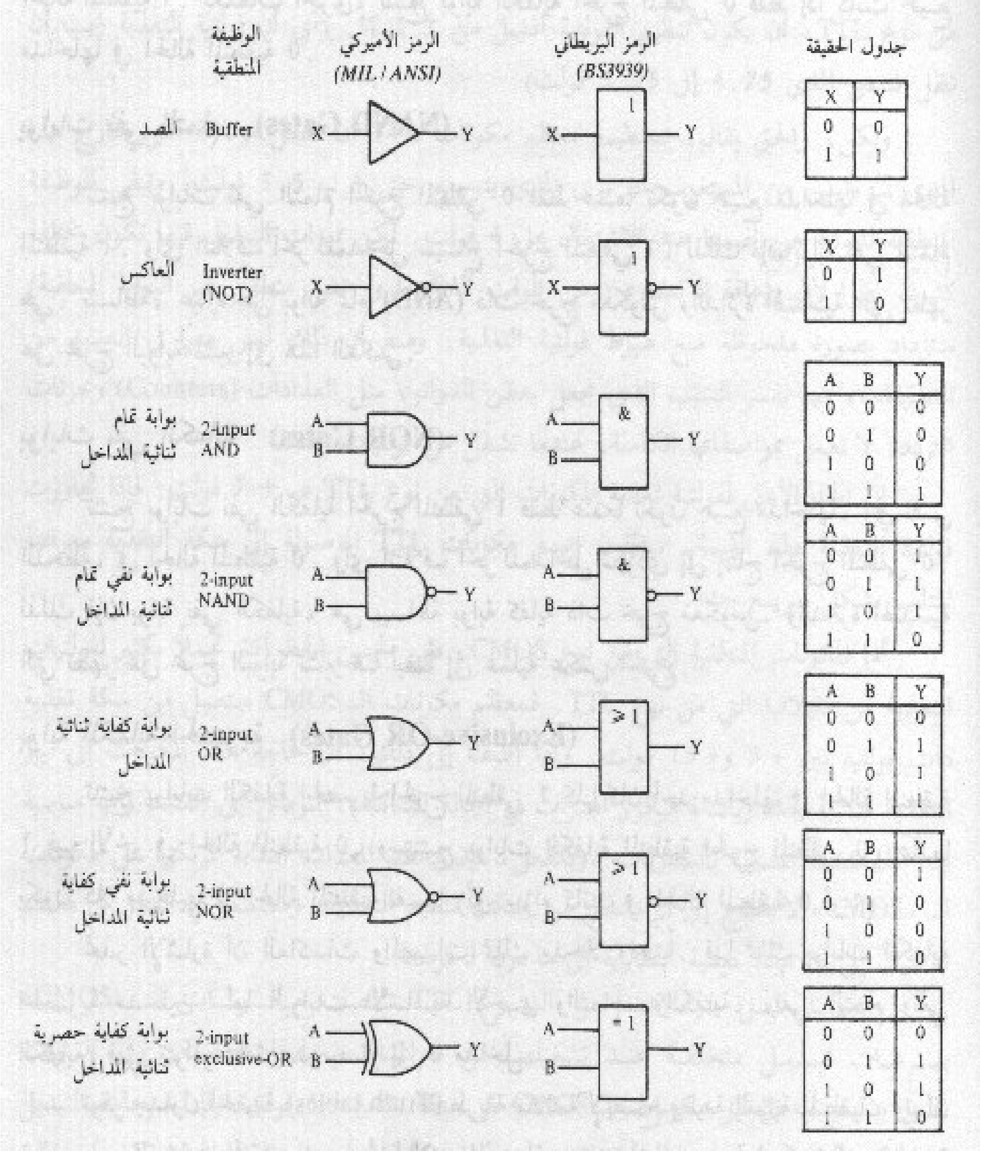
تشكل مكونات ال CMOS جزءا من سلسلة (4000) و لذا فان 4001 و 4175 و 4574 هي جميعها مكونات من نوع CMOS و في بعض الاحيان تعطى اسماء مكونات ال CMOS (تلفظ بشكل سي موس) حرفا لاحقا الحرف A يشير الى السلسلة الاصلية الغير مجهزة بمصد (Buffer) (بطلت الان) و الحرف B يشير الى سلسلة محسنة مجهزة بمصد اما الاحرف AUB فتشير الى مكون من السلسلة غير المجهزة بمصد .

توجد رموز المواصفات القياسية البريطانية (BS) و الامريكية (MIL/ANSI) لبعض البوابات المنطقية الاساسية و تلقي المواصفات القياسية الامريكية دعما قويا (حتى في بريطانيا) و هي غالبا ما تكون مفضلة لدى صانعي المعدات لسهولتها و وضوحها. من المهم معرفة كلتا المواصفتين القياسيتين و لكن لا يجب خلطهما في نفس المخطط المنطقي .

ان هذه الدوائر المتكاملة الحديثة قد احدثت ثورة عظيمة في مجال الصناعات الالكترونية وامكن تصغير الدوائر الالكترونية الى حجوم كانت تعتبر خيالية الى وقت قريب وانتجت دوائر متكاملة تحوي على اكثر من مليون ترانسستر في الدائرة الواحدة مما ادى الى ثورة صناعية خاصة في مجال الحاسبات .

هناك ملاحظة مهمة في الجانب العملي عند العمل بهذه الدوائر المتكاملة وخصوصا نوع ال CMOS حيث ان هذا النوع قابل للتلف بسرعة نتيجة تعرضه للكهربائية الساكنة (STATIC) لذا يجب الحذر من هذا الموضوع عند استخدامها واستخدام كاويات معزولة (12 او 24 فولت) ومؤرضة بصورة جيدة وعدم استخدام الموكيت اوالسجاد في ارضية مكان العمل لتجنب تولد هذه الكهربائة الساكنة ويفضل استخدام القواعد IC base بدلا من لحامها .

سنتعرض الان بايجاز عمل كل من البوابات المنطقية الاساسية مع جدول الحقيقة لكل منها (truth table) المبينة :



الوظيفة المنطقية
الرمز الأميركي (MIL / ANSI)
الرمز البريطاني (BS3939)
جدول الحقيقة
المصد
Buffer
العاكس
Inverter (NOT)
بوابة تمام ثنائية المداخل
2-input AND
بوابة نفي تمام ثنائية المداخل
2-input NAND
بوابة كفاية ثنائية المداخل
2-input OR
بوابة نفي كفاية ثنائية المداخل
2-input NOR
بوابة كفاية حصرية ثنائية المداخل
2-input exclusive-OR
X
Y
A
B
1
&
≥1
=1

X	Y
0	0
1	1

X	Y
0	1
1	0

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

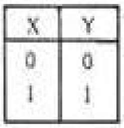
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

شكل (24 – 2) اشكال الدوائر المنطقية الاساسية مع جداول الحقيقة

المصدات Buffers

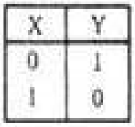
لا تؤثر المصدات على الحالة المنطقية للاشارة الرقمية اي ان دخلا منطقيا قدره (1) سينتج خرجا منطقيا قدره (1) و ان دخل (0) منطقيا سينتج خرجا (0) منطقيا و لكن المصدات تفيد في توفير تيار اضافي عند الخرج و يمكن استعمالها لتنظيم المستويات المنطقية التي تتواجد عند مشبك معين (interface) ولسوق دوائر ذات قدرات عالية .



X	Y
0	0
1	1

العاكسات Inverters

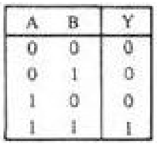
تستعمل العاكسات لتكميل الحاله المنطقيه (اي ان الدخل المنطقي 1 سينتج خرجا منطقيا قدره 0 وبالعكس كذلك فان العاكسات توفر ايضا تيارا اضافيا , ومثلها مثل المصدات يمكن استعمالها لتنظيم المستويات المنطقيه التي تتواجد عند مشبك ما مثلا.



X	Y
0	1
1	0

بوبات التمام AND Gates

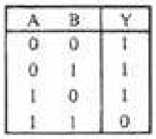
تنتج بوابات التمام خرجا منطقيا قدره 1 ,عندما تكون جميع مدخلها بالتمام وفي نفس اللحظه في الحاله المنطقيه 1 .واي ائتلاف اخر للمدخل سينتج الخرج المنطقي 0 .



A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

بوابات نفي التمام NAND Gates

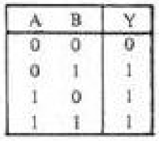
تنتج بوابات نفي التمام الخرج المنطقي 0 فقط عندما تكون جميع مداخلها في الحاله المنطقيه 1 . واي ائتلاف اخر للمدخل سيؤدي الى انتاج الخرج المنطقي 1 ,لذلك فان بوابه نفي التمام هي ببساطه عباره عن بوابه تمام (AND) ذات خرج معكوس والدائره الهندسيه التي تظهر على مخرج البوابه تشير الى هذا العكس .



A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

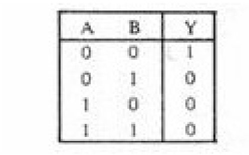
بوابات الكفايه OR Gates

لانتاج الخرج المنطقي 1 ,يكفي بوابات الكفايه ان يكون اي مدخل من مداخلها 1 .بكلمات اخرى, تنتج بوابه الكفايه الخرج المنطقي 0 فقط اذا كان جميع مداخلها في الحاله المنطقيه 0 .



A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

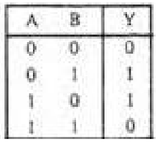
بوابات نفي الكفايه **NOR Gates**



A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

تنتج بوابات نفي الكفايه الخرج المنطقي 1 فقط عندما تكون جميع مداخلها, وفي نفس اللحظه, في الحاله المنطقيه 0 . واي ائتلاف اخر للمدخل سيؤدي الى انتاج الخرج المنطقي 0 .لذلك فان بوابه نفي الكفايه , هي ببساطه بوابه كفايه ذات مخرج معكوس .والدائره الهندسيه التي تظهر على مخرج البوابه تشير هنا ايضا الى عمليه عكس الخرج .

بوابه الكفايه الحصريه **Exclusive OR Gates**



A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

تنتج بوابات الكفايه الحصريه الخرج المنطقي 1 كلما كان احد مداخلها في الحاله المنطقيه 1 بينما الاخر في الحاله المنطقيه 0 . وستنتج بوابات الكفايه المنطقيه الخرج المنطقي 0 عندما يكون كلا مدخليها في الحاله المنطقيه نفسها سواء كانت 0 او 1 .

تجدر الاشاره ان العاكسات والمصدات تملك مدخلا واحدا بينما تملك بوابه الكفايه الحصريه مدخلين. اما البوابات الاساسيه الاخرى التمام ,الكفايه,نفي التمام, ونفي الكفايه فهي تتوافر عاده بعدد يصل الى 8 مداخل .

توفر جداول الحقيقه (Truth Tables) طريقه ملائمه لايضاح وظيفه البوابات المنطقيه و تبيان حاله خرج البوابه الناتجه عن جميع الحالات المحتمله عند مداخله عندما يكون لدى البوابه المنطقيه (n) مدخلا سيكون هناك 2^n حاله محتمله في المدخل . ومن هنا فان البوابه الثنائيه المدخل سيكون لديها 4 حالات محتمله لمداخلها اما البوابه الثلاثيه المداخل فسيكون لديها 8 حالات محتمله لمداخلها وهكذا.

متطلبات تغذيه الطاقه للدوائرالمنطقيه

ان معظم الانظمه المنطقيه من نوع TTL او CMOS مصممه للعمل من خط تغذيه واحد ذات فولطيه قدرها 5V بالنسبه للمكونات من نوع TTL ومن المهم ان تكون هذه الفولطيه مثبته ومنظمه جيدا والتغير فيها لا يتعدى ± 5% (اي ان فولطيه التغذيه يجب ان تظل ضمن المدى من 4.75 الى 5.25 فولط).
في الواقع تستطيع معظم مكونات الTTL ان تعمل جيدا حتى خارج هذا المدى من 4 الى 5.5 فولط وتبقى الوظيفة المنطقية للبوابة هي نفسها عند الاشتغال

على 4 فولت . لكن مميزات التبديل فيها تكون مختلفة كثيرا نظرا لان اعاقة الانتشار (و هي الوقت اللازم لتغيير منطقي عبر البوابة المنطقية) ستزداد بصورة ملحوظة مع هبوط فولتية التغذية . و مع ان هذا ليس مهما في عدد من التطبيقات فهو يفسر السبب الذي يجعل بعض دوائر العدادات (Counters) و مجزءات التردد (Dividers) لا تعمل بمواصفاتها الكاملة عندما تشغل بفولتيات منخفضة .
ان الحد الاعلى لفولتية تغذية المكونات من نوع TTL +7 V فاذا تجاوزت فولتية التغذية هذه القيمة ستتلف جميع مكونات ال TTL بشكل سريع جدا .

اما المكونات المنطقية من نوع CMOS فهي لحسن الحظ اكثر تحملا بكثير لفولتيات التغذية لمثيلاتها من ال TTL فمعظم مكونات ال CMOS تعمل بفولتية بين 5+ الى 15+ فولت و هي مناسبة جدا للمعدات المشغلة بالبطاريات لأن حاجتها الى التيار ضئيلة جدا (بضع مايكرو امبيرات) .
و تتصف ال CMOS بسرعات تبديل مختلفة عند تشغيلها من فولتيات تغذية منخفضة كما في ال TTL و لذا فان سرعات التبديل ممكن ان تتضاعف اذا شغلت على فولتيات 10 او 12 بدلا من 5 فولت .

خطوط التغذية في الدوائر المنطقية يجب ان تكون ذات معاوقة ضئيلة جدا (0.1 اوم او اقل) ضمن مدى واسع من الترددات (لغاية 35MHz) لمكونات TTLو CMOS الاعتيادية و (150MHz) لمكونات TTL السريعة من نوع (S) شوتكي . يجب استعمال مرشحات (فك القرن) عند الترددات العالية بين مراحل التغذية بواسطة متسعات خزفية بقيم من 10nf الى 100nf ومتسعات الكتروليتية او التنتاليوم للترددات الواطئة بقيم من 1µf الى 47µ .

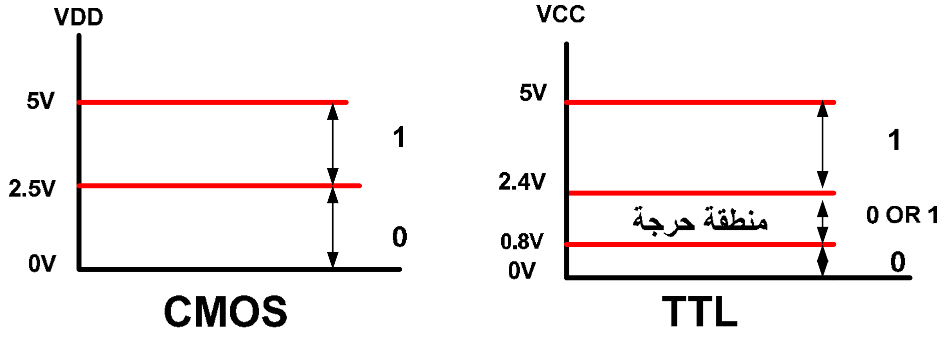
ويفضل وضع متسعة واحدة للترددات المنخفضة واخرى للترددات المرتفعة كحد ادنى في اي دائرة . ووضع متسعات الترددات المرتفعة بجانب دبابيس التغذية لل IC و متسعات التردد المنخفض على مسافات منتظمة التباعد . و في الحالات الصعبة ينبغي وضع مرشحات من نوع π بملفات ذي قلوب من الفيرايت في خطوط التغذية على شكل محاثات خرزية فيرايتية و مكثفات خزفية تفريعية .

توجد انواع كثيرة للدوائر المتكاملة المنطقية من كلا النوعين TTL و CMOS فمنها العددات التصاعدية او التنازلية (UP and DOWN Counter) والنطاطات (FLIP FLOP) و مقسمات التردد (Frequency Divider) و مضاعفات التردد (Frequency Multiplier) و مسجلات الازاحة (Shift Register) و ال (Multiplexer) وال (Display Driver) .

مقارنة بين ال TTL و CMOS

TTL	CMOS
استهلاك عالي للقدرة (ملي امبير)	استهلاك واطئ للقدرة (مايكرو امبير)
تعمل بجهد 5V	تعمل بجهد من 3V الى 15V
تعمل بسرع عالية لحد 30MHz	تعمل بسرع اقل لحد 5MHz
تستطيع تشغيل عدد من الدوائر المنطقية TTL و CMOS للمراحل التي تليها	لاتستطيع تشغيل ال TTL تحتاج الى مصادم (buffer) لذلك وتشغل ال CMOS فقط
زمن انتشار سريع ولا تتأثر بالاحمال السعوية (بمعدل 10ns)	زمن الانتشار بطئ وتتأثر بالاحمال السعوية (بمعدل 50 ns)

في المناطق التي بها ضوضاء عالية لا يفضل استخدام ال TTL وذلك لصعوبة تحديد المستوى المنطقي 1 و 0 حيث توجد منطقة حرجة بينها لذا تستعمل دوائر شمت لمعالجة هذه الحالة , بينما في ال CMOS لاتوجد مثل هذة المنطقة الحرجة .

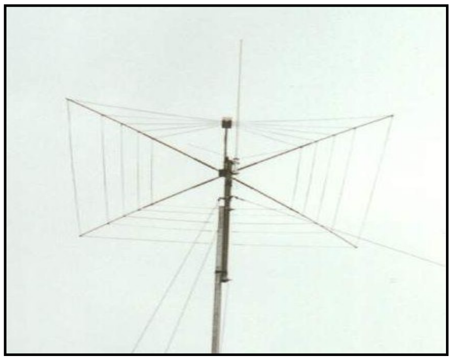


شكل (2 – 25) الفرق بين TTL وال CMOS

بعض المصطلحات اللاسلكية المهمة

الهوائي Antenna

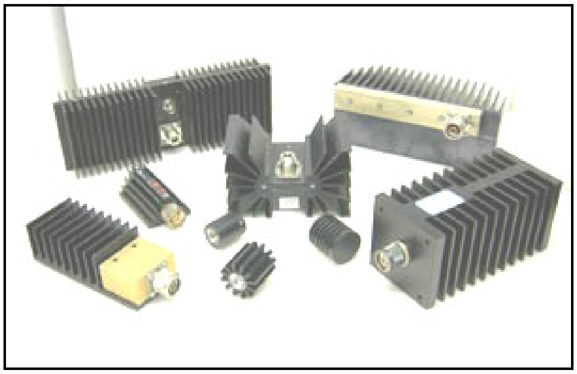
اداة تستعمل لتحويل الذبذبات او الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة من جهاز الارسال الى اهتزازات كهرومغناطيسية تشع الى الفضاء من خلاله في حالة الارسال , ويقوم بتحويل الاهتزازات الكهرومغناطيسية الموجودة في الفضاء الى ذبذبات او موجات كهرومغناطيسية تذهب الى جهاز الاستقبال في حالة الاستلام . وهو على انواع واشكال كثيرة جدا وسنتناوله في فصل خاص.



شكل (26 – 2) هوائيات متنوعة

الهوائي الوهمي Dummy load

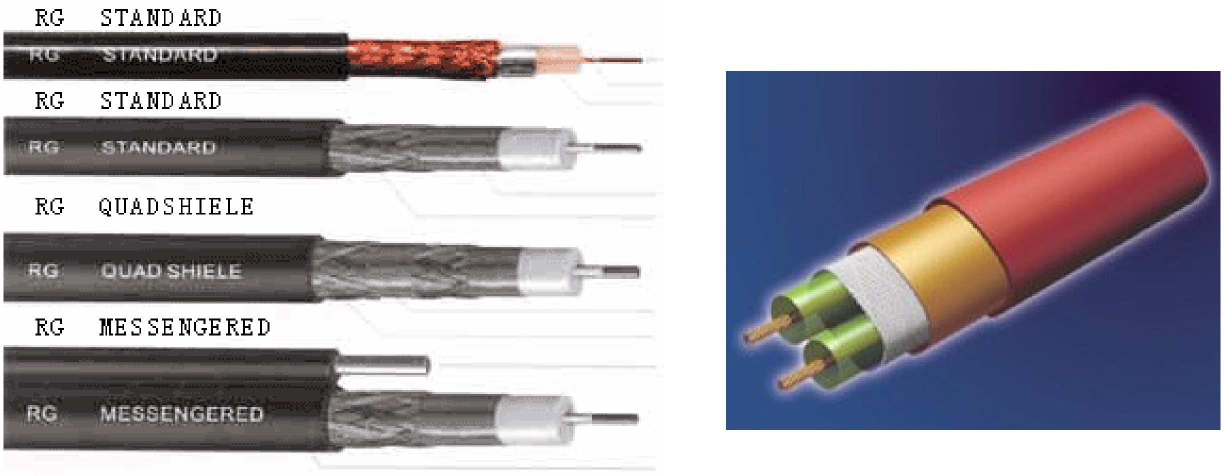
عبارة عن مقاومة كاربونية قيمتها 50Ω وبقدرة عالية وتحوى على مشتت حراري Heat sink لتبديد الحرارة المنبعثة من المقاومة وتكون قدرة المقاومة عادة من 2W فاكثر وتعتبر هذه المقاومة هوائي مثالي (50Ω) لجميع الترددات وتكون قياس القدرة الراديوية لجهاز الارسال بواسطتها دقيقة جدا . وهي على انواع واشكال كثيرة .



شكل (27 – 2) انواع من المقاومات الوهمية

الكيبل Cable

سلك مزدوج يتكون من قلب وغطاء حاجب ينقل الموجة الراديوية بين الهوائي وجهاز الارسال او الاستقبال , ويعمل على منع بث اي جزء من الموجة وتوصيلها بكل قدرتها الى الهوائي في حالة الارسال ومنع اي تداخلات او تشويش في حالة الاستقبال . وهو على انواع كثيرة وممانعات متعددة 50 , 75 , 300 , 600 اوم ويجب ان تتساوى ممانعة الجهاز مع ممانعة الكيبل مع ممانعة الهوائي لضمان انبعاث كامل القدرة من الهوائي .



شكل (28 – 2) انواع مختلفة من الكيبلات

قياس القدرة والقدرة الراجعة power & SWR

يمكن قياس القدرة الراديوية الخارجة من الجهاز بواسطة مقياس القدرة ويربط عادة بين جهاز الارسال والهوائي ويحوي على عدة تدريجات للقدرة وحسب الحاجة ويحوي كذلك على مفتاح لانتخاب مدى التردد المطلوب قياسه . حيث توجد اجهزة لقياس مدى HF او VHF او UHF او جميعهما معا في الاجهزة الغالية الثمن . اما بالنسبة لقياس نسبة القدرة الواقفة SWR فيتم بنفس الجهاز بعد تحويل قراءة الجهاز من ال power الى SWR ويعتبر تجاوز الرقم (2) فيه خطرا على الجهاز وربما ادى الى اتلاف مرحلة مكبر RF النهائي للجهاز.

شكل (29 – 2) جهاز قياس القدرة وال SWR
رقمي وتماثلي معا من شركة MFJ

جهاز توفيق الممانعة للهوائي Antenna tuner

يستخدم هذا الجهاز لموائمة الممانعة بين جهاز الارسال والهوائي عندما يكون تردد الهوائي المستخدم يختلف قليلا عن التردد المستعمل في الجهاز لانه من غير المعقول ان نصنع هوائي لكل تردد من ترددات الهواة الكثيرة , ولان الهوائي سيبتعد عن قيمة الموائمة مع جهاز الارسال نستخدم جهاز توفيق الممانعة وهو بدوره يقلل او يزيد من ممانعة الهوائي بالنسبة لجهاز الارسال حتى تبقى قيمة ممانعة الهوائي 50Ω وال SWR في حدود المعقول واقل ما يمكن .

شكل (2 – 30) جهاز توفيق الممانعة لمدى HF من شركة MFJ المتخصصة بهذه الاجهزة

مكبر القدرة الراديوية Liner Amplifier

جهاز يستعمل لتكبير القدرة الراديوية الى مديات تصل من 100W الى 3KW وخصوصا لل HF لان قدرة غالبية اجهزة الHF لاتتعدى 100W في احسن حالاتها اما بالنسبة لل VHF فالمديات من 25W الى 500W وغالبية هذه الاجهزة وخصوصا عالية القدرة تشتغل على التيار العمومي 220VAC ولها مراوح للتبريد وتعمل بالصمامات المفرغة (للقدرات العالية) وتحوي على دوائر موائمة بينها وبين الهوائي

LINER AMPLIFIRE 300 W
OFF
BYPASS
ON
BAND MHz
TUNE
AVW
METER SELECTER
YI1QEA
Made in Iraq

شكل (2 - 31) جهاز مكبر للقدرة الراديوية (من صنع المؤلف)

جهاز قياس الهبوط Dip- meter

شكل (32 – 2) جهاز قياس الهبوط

جهاز يستعمل لقياس شدة المجال النسبي و مولد اشارة فحص رنين الهوائيات وله استعمالات كثيرة وهو جهاز لايمكن للمختصين الاستغناء عنه والانواع المتوفرة منه تحوي على مدى واسع من الترددات من 0.7 الى 250 ميجا هيرتز ويقسم هذا المدى الواسع الى 6 او 7اقسام كل قسم له ملفه الخاص ويبدل يدويا من خارج الجهاز , ويكتب على كل ملف مدى الترددات التي يشتغل عليها وبالوان مختلفة للتميز بينها .

يستعمل لمعايرة محولات التردد المتوسط ومعايرة دوائر الرنين وفحص بلورات الكوارتز ورنين الهوائيات ويكون ذلك بتقريب الملف الخارجي لجهاز **Dip meter** من دائرة الرنين المراد فحصها ونحرك مؤشر الجهاز الى ان نلاحظ هبوط فجائي لابرة مؤشر الجهاز عندها تقرا الذبذبة على التدريجة وهي تمثل ذبذبة الرنين للدائرة المفحوصة .

الريلي Relay

عبارة عن عنصر كهربائي يتكون من مفتاح ميكانيكي يمكن التحكم به كهربائيا من خلال تطبيق جهد على الملف الموجود بداخله . وتوجد باحجام وقدرات مختلفة وبفولتيات تشغيل من 3V الى 440V AC & DC . وبتيارات مختلفة تبدأ من 1 امبير الى 60 امبير .

الانواع الصغيرة والاعتيادية تحوي على مفتاحين او ثلاثة مفاتيح ميكانيكية مزدوجة او منفردة .

و بعض انواع الريلايات تحوي عدد كبير من المفاتيح الميكانيكية يصل الى 20 مفتاح مزدوج وكل مفتاح يحوى على نقطتي اتصال واحدة N.O وتعني عدم توصيل في الحالة الطبيعية والثانية N.C وتعني توصيل في الحالة الطبيعية (الحالة الطبيعية تعني عدم اشتغال الريلي) . وتكتب فولتية التشغيل واقصى تيار مار بنقطة التلامس ورسم وارقام دبابيس التوصيل على احد جوانبه .

والريليات تستغرق وقتا بالملي ثانية حتى تستجيب للوصل والفصل وهذا الزمن ناتج عن تركيبتها الميكانيكية لذا لايمكن استخدامها في تطبيقات تحتاج الى سرعات عالية حيث يستعاض عنها بالثايرستر او التراياك او المفاتيح السليكونية ويستخدم الريلي في المصاعد والابواب الكهربائية وفي اجهزة السيطرة والمنظمات واجهزة الارسال و USB (للحاسبات) وتطبيقات كثيرة اخرى .

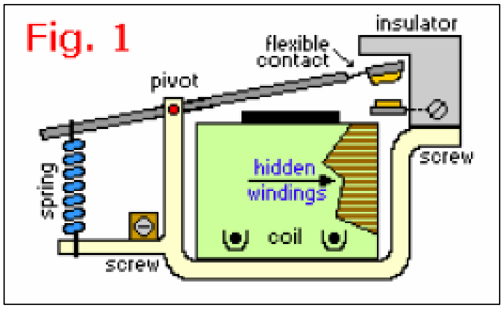


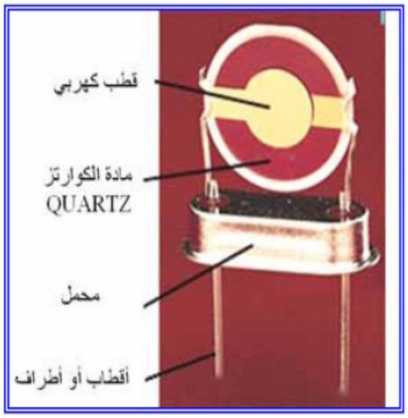
Fig. 1
insulator
flexible contact
pivot
screw
spring
hidden windings
coil
screw

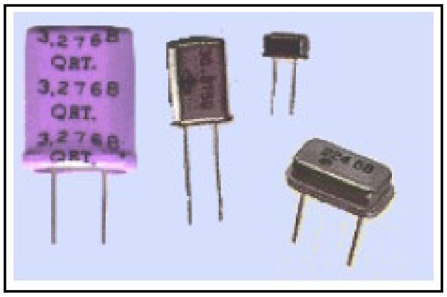
شكل (33 – 2) نماذج مختلفة لانواع من الريليات

بلورة الكرستال **Quartz**

هي عبارة عن قطعة الكترونية صغيرة الحجم تستخدم في دوائر المذبذبات وتقوم بتوليد الذبذبات العالية التردد (الموجات الراديوية RF) وبدقة وثبات عاليين . ولاتتاثر بتغير درجات الحرارة .

بلورة الكوارتز موجودة في الطبيعة على هيئة SIO_2 ومن خواصها الطبيعية انها تولد تيارا كهربائيا عند تعرضها لاجهادات ميكانيكية وانها تهتز وتولد ترددات تعتمد على سمك مقطعها وابعادة عند تسليط فرق جهد على طرفيها , التردد المتولد يتناسب تناسبا عكسيا مع سمك المقطع وابعاده . وتردد البلورة عادة يكتب على جوانبها بالكيلو هيرتز او الميجاهيرتز . وتحاط بغلاف معدني مؤرض لمنع التداخلات .


قطب كهربي
مادة الكوارتز
QUARTZ
محمل
أقطاب أو أطراف

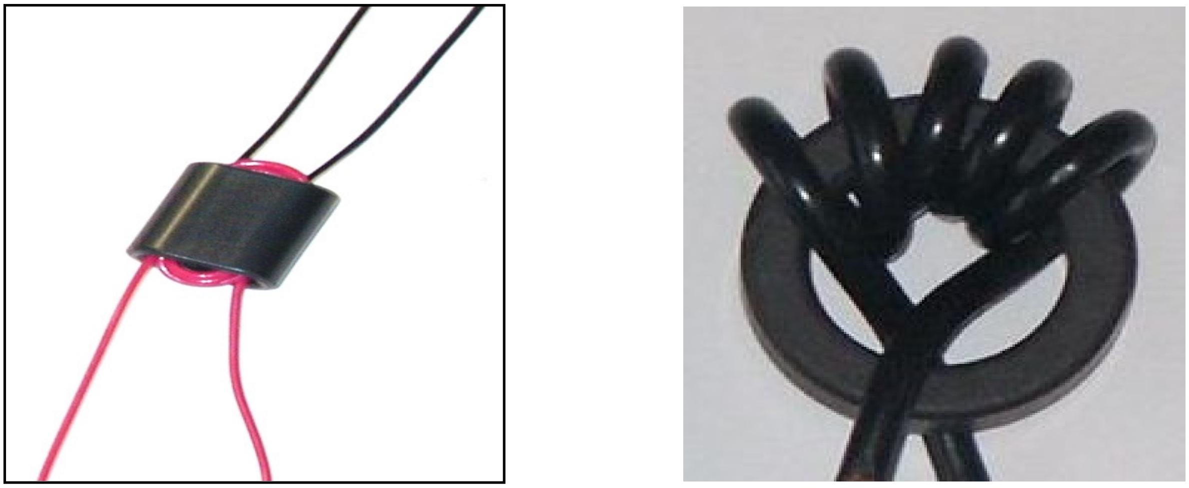


شكل (34 – 2) صورة تفصيلية لداخل لبلورة الكوارتز وصور لانواع منها

محولات البالون Balun

وهي محولات ترددات راديوية ذات قلوب هوائية او من الفيرايت تستخدم لموائمة الممانعة بين مراحل الاجهزة او بين الاجهزة والهوائيات وتكون على اشكال وحجوم وقدرات مختلفة . وهي تقوم بتحويل الممانعات بنسب مختلفة :

من 1 :1 ومن 2:1 و 1 :4 و 1 :6 وبالعكس وتقوم كذلك بتحويل الخط من غير متوازن الى متوازن وبالعكس كما في حالة تحويل خط الكيبل المحوري غير المتوازن الى خط متوازن لربط الداي بول مثلا .



شكل (35 - 2) انواع من البالون

الفصل الثالث

دوائر الرنين والمرشحات والقلوب الدائرية

دوائر الرنين Resonance circuits

تعتبر دوائر الرنين من اهم الدوائر في اجهزة الارسال والاستقبال لمختلف انواعها تتكون دائرة الرنين من ملف ومكثف . وعند توصيل الملف والمكثف على التوالي نحصل على دائرة رنين توالي , امـا عند توصيل الملف والمكثف علـى التوازي فنحصل على دائرة رنين توازي . ويتوقف تردد رنين دائرة مـا على سعة المكثف (C) والتأثير الذاتي للملف (L) ويزيد التردد المتولد كلما نقصت قيمـة السعة والتأثير الذاتي, والعكس صحيح . ويمكن حساب تردد الرنين مـن المعادلة الاتية

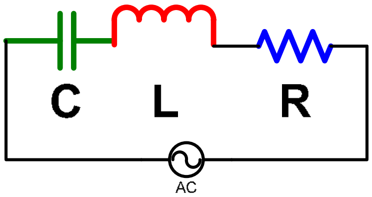
$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

حيثF_r = التردد **Hz** , **L** = الحث الذاتي للملف(هنري) **H** , السعة = فاراد **C**

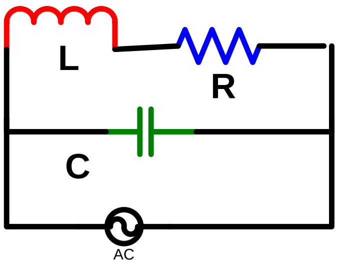
1- عند الرنين تتكون ممانعة الحث مساوية لممانعة السعة $Z_L = Z_C$ والاعاقة (محصلة ممانعة الملف والمتسعة) عند نهايتها الصغرى , والتيار عند نهايته العظمى تحده المقاومة فقط . فرق الوجه (الطور) بين المتسعة والملف يكون صفرا .

2- عند تردد أقل من الرنين تغلب ممانعة السعة في الدائرة , ويتقدم التيار على الفولتية .

3- عند تردد أعلى من الرنين تغلب ممانعة الحث في الدائرة و يتاخر تيار الخط عن الضغط المستخدم .



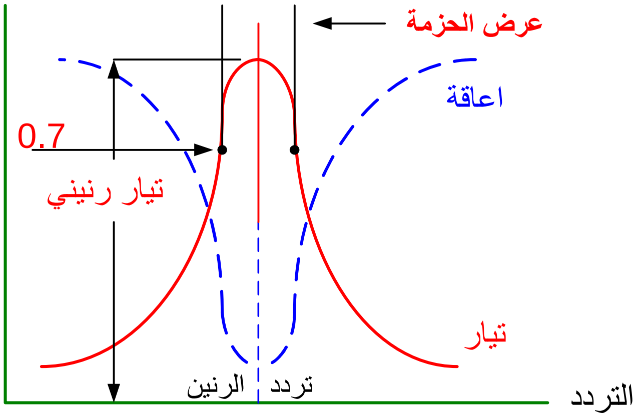
شكل (1 – 3) دائرة رنين توالي



دائرة رنين توازي

توجد لدوائر الرنين خاصية الاختيارية **Selectivity** فهي تقبل مدى ترددات معين و ترفض الترددات الاخرى و مدى الترددات الذي تقبله الدائرة يسمى عرض الحزمة **Bandwidth** و قد يكون عرض الحزمة عدة مئات او الاف من الذبذبات او حتى عدة ملايين ذبذبة كما في حالة منتخب القنوات بجهاز التلفزيون مثلا و حتى نتمكن من مقارنة دوائر مختلفة من حيث عرض الحزمة يجب ان نعرفها اولا .

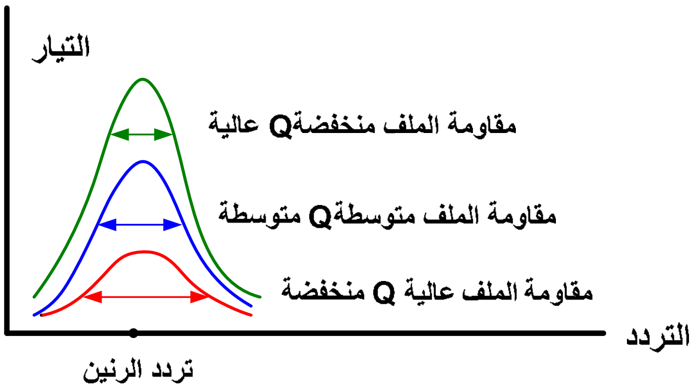
و يمكن تعريف عرض الحزمة بانه مدى الترددات المحصور بين نقطتي نصف القدرة العليا و السفلى على منحني الاستجابة للدائرة و بما ان منحني الرنين هو رسم التيار في مقابل التردد اكثر منه رسم القدرة في مقابل التردد , فمن الملائم امكان تحديد نقطة ضعف القدرة على منحني التيار دون الحاجة الى حساب القدرة و يمكن عمل ذلك بضرب قيمة التيار عند الرنين في **0.707** لنحصل على نقطة نصف القدرة .



منحنى الرنين للتيار والاعاقة

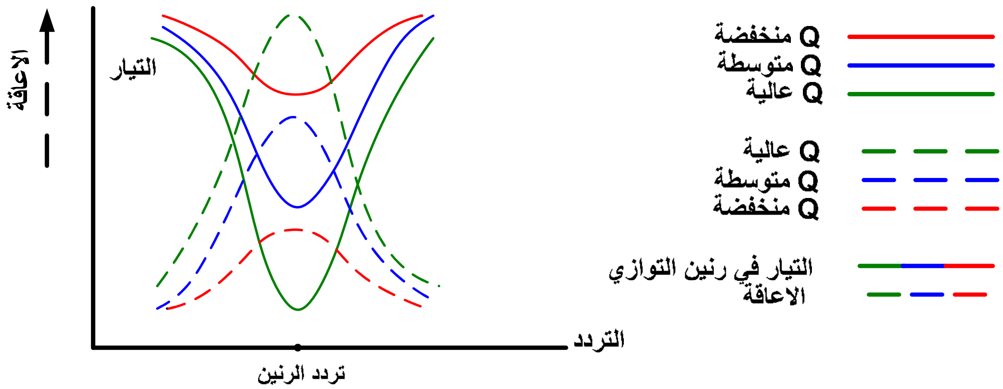
شكل (2 – 3) منحنى الرنين والاعاقة وعرض الحزمة

بما ان اغلب المقاومة في دائرة الرنين موجودة بالملف نعتبر قيمة Q للدائرة هي نفس قيمةَ Q للملف . و يعتمد عرض الحزمة و الاختيارية على Q للدائرة ففي حالة رنين التوالي تعطي قيمة Q العالية اختيارية عالية (عرض الحزمة ضيق) و خروج أو كسب كبير عند الرنين , أما قيمةَ Q الصغيرة فتوسع عرض الحزمة وتقلل الخروج .كما في الشكل ادناه .



شكل (3 – 3) العلاقة بين مقاومة الملف ومعامل الجودة Q في رنين التوالي

وفي حالة رنين التوازي نحصل على اختيارية عالية (عرض حزمة ضيق) كلما قلت المقاومة الموجودة على التوالي مع الملف , ويزيد عرض الحزمة كلما قلت المقاومة الموجودة على التوازي مع الملف والمكثف ,كما في الشكل .



شكل (4 – 3) العلاقة بين رنين التوازي والاعاقة مع Q

عامل الجودة أو شكل التأهيل Figure of merit Q

يعتبر الملف المثالي خالي من المقاومة , ولكن لا يوجد مثل هذا الملف في الواقع بل توجد دائما مقاومة موزعة بالملف . ويعرف شكل التأهيل أو معامل الجودة للملف بأنه نسبة ممانعته الى مقاومته ويرمز له بالحرف Q .

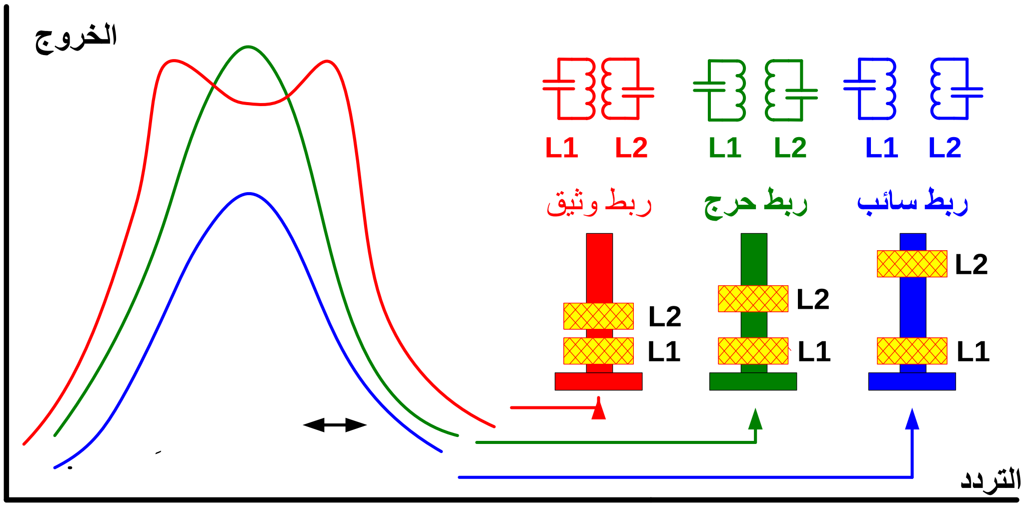
$$Q = \frac{X_L}{R_L}$$

حيث ان XL هي الممانعة الحثية للملف , RL هي المقاومة الاومية للملف والجدير بالذكر انه عند الترددات العالية , يميل جزء كبير من التيار الى السطح الخارجي للموصل كلما زاد التردد. وهذا يؤثر في تصغير مساحة المقطع الموصل

وزيادة المقاومة و ينتج عن ذلك زيادة الفقد . وهذا التأثير يسمى " مفعول القشرة "skin effect . وبزيادة التردد تزيد كل من ممانعة الملف ومقاومته مما يجعل Q للملف ثابتة نسبيا على مدى تردد محدود .

محولات الربط والتنغيم الخلافي الراديوية :

يمكن التحكم في عرض حزمة الترددات , باستخدام دائرتين منغمتين على تردد واحد , يربط بين ملفاتهما ازدواج مغناطيسي , وهذه هي حالة "محول الربط " coupling transformer . ويمكن ان يكون الازدواج بين الدائرتين اما حرج او وثيق أو سائب . وتأثير مختلف درجات الازدواج على منحنى الاستجابة يتضح من الشكل .

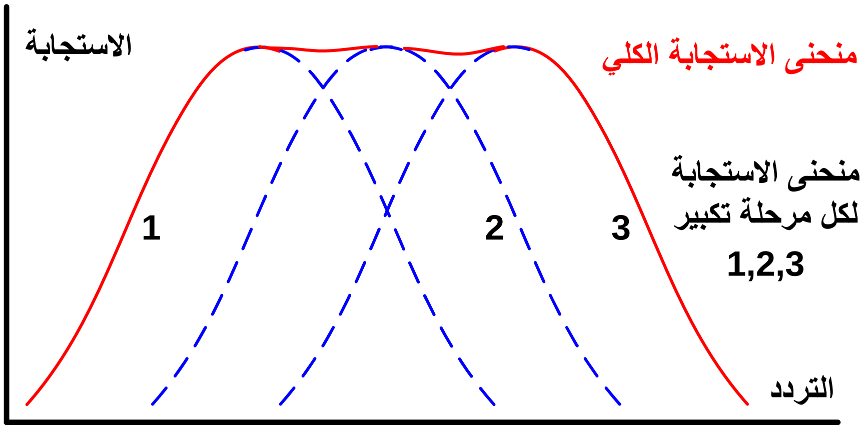


شكل (5 – 3) انواع الربط في محولات التردد وتأثيرها على منحنى الاستجابة

ففي حالة الازدواج الحرج يكون لمنحنى استجابة الثانوي قمة منفردة ذات أقصى ارتفاع , وفي تلك الحالة يحدد عرض الحزمة فقط حمل الدائرة أو Q لها . أما اذا كانت الدائرة سائبة الازدواج , يظهر منحنى له قمة واحدة ذات ارتفاع منخفض . وفي حالة الازدواج الوثيق –أي الاكبر من الحرج – فتظهلر قمتان منفصلتان للمنحنى وينخفض ارتفاعه . أي في تلك الحالة الاخيرة يزيد عرض الحزمةويقل كسب الدائرة . ومثل هذه الدائرة تستخدم في جهاز التلفزيون , وخاصة في مرحلة الترددات البينية . ويمكن التحكم في عرض حزمة مكبر بؤاسطة ما يسمى "تنغيم خلافي "staggered tuning فمثلا نأخذ مرحلة تكبير واحدة , تتصل قاعدة ترانسسترها بدائرة رنين , وكذلك تتصل مجمعها بدائرة رنين . فاذا نغمت كل من

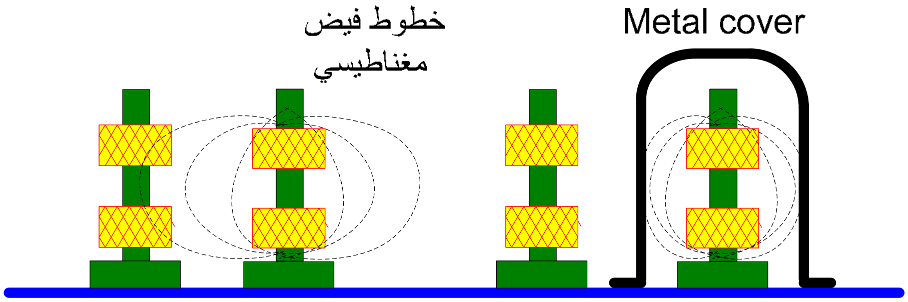
دائرتي الرنين في القاعدة والمجمع على تردد واحد , نحصل على اكبر كسب عند تردد الرنين . ولكن عرض حزمة الترددات في تلك الحالة تكون في العادة ضيقة جدا .

أما اذا وجد اختلاف قليل بين كل من دائرتي القاعدة والمجمع فأن الكسب ينقص ولكن عرض الحزمة يزيد . فأذا تعددت مثل تلك المراحل , وكانت كل من دوائر الرنين منغمة على تردد رنين مختلف , ولها درجات كبت مختلفة , ومتصلة مع بعضها على التوالي , نحصل على منحنى استجابة عام . ويسمى ذلك" تنغيم خلافي " . وبالاختيار المناسب لترددات الرنين ,نحصل على منحنى استجابة عام له حزمة ترددات واسعة كما في الشكل ادناه تلائم استعمالات كثيرة منها التلفزيون .



شكل (6 – 3)منحنى الاستجابة لثلاث مراحل تكبير على التوالي

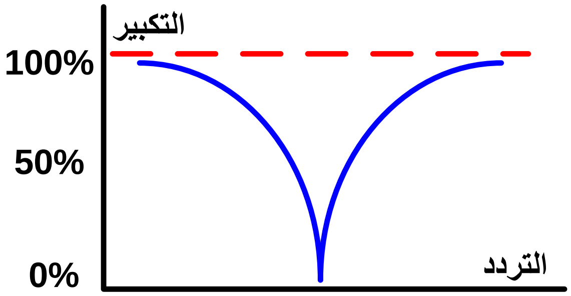
يحدث خاصة عند الترددات العالية , ربط غير مرغوب فيه بين دائرتين مختلفتين بواسطة خطوط قوى مغناطيسية شاردة أو بواسطة سعة شاردة . وللتغب على ذلك تستخدم حواجز معدنية , كما في الشكل .



شكل (7 – 3) تأثير الحجب المعدني على خطوط الفيض المغناطيسي

مصايد الموجات wave trap

عند استخدام دائرة رنين لرفض حزمة من ترددات ضيقة وتمرير ترددات اخرى يطلق عليها اسم مصيدة موجات . وتنغم دائرة الرنين على التردد المطلوب رفضه فنحصل على منحنى استجابة كما في الشكل .



شكل (8 – 3) منحنى الاستجابة لمصيدة موجية لتردد معين

ولمصايد الموجات اشكال مختلفة منها ان تكون دائرة رنين توازي موصلة على التوالي مع الدائرة , او تكون دائرة رنين توالي موصلة على التوازي مع الدائرة او دائرة ملف ومتسعة مقفلة مزدوجة مغناطيسيا مع الدائرة . وفي هذة الحالة الاخيرة تسمى "مصيدة شفط " لانها تشفط التردد المنغمة عليه.
يستفاد من مصايد الموجات في دوائر جهاز التلفزيون في مرحلة منتخب القنوات حيث يمكن لاشارة قوية كالصادرة من محطات تعديل تردد قريبة ان تفسح لنفسها طريقا الى داخل جهاز التلفزيون وتسبب تداخل في الصورة او الصوت . لذلك توضع مصايد موجات عند مدخل الجهاز في مثل هذه الحالات لتمنع التداخل . في مرحلة الترددات البينية يستفاد من مصايد الموجات للتخلص من تداخل القنوات المجاورة .

موقع لحساب قيم مرشحات للترددات العالية

http://www.csgnetwork.com/hfreqfiltercalc.html

المرشحات Filters

تعتبر المرشحات من القطع الالكترونية المهمة في اللاسلكي خصوصا والاجهزة الالكترونية عموما اذ بواسطتها يمكن تمرير الذبذبات المطلوبة ومنع مرور غير المطلوبة كما يمكن تمرير او منع حزم من الترددات ومنع التوافقيات **Harmonic** من الوصول الى الهوائي مع الاشارة الاصلية وتستعمل ايضا لمنع التشويش **Noise** من الاجهزة الكهربائية كالمكانس الكهربائية و ومجففات الشعر ومختلف الاجهزة التي تحوي على محركات ذوات الفرش خصوصا .

المرشحات على نوعين رئيسيين :

1- مرشحات السعوية – المقاومية RC

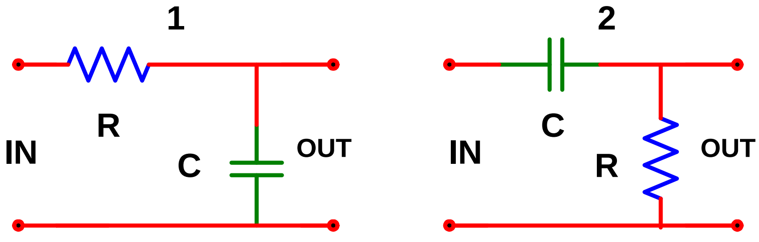
وتسمى بالمرشحات الخاملة وتتكون من متسعات ومقاومات وتستعمل لتمرير الترددات المتدنية والعالية لدى تغذيتها باشارات جيبية .

2 - مرشحات السعوية – الحثية LC

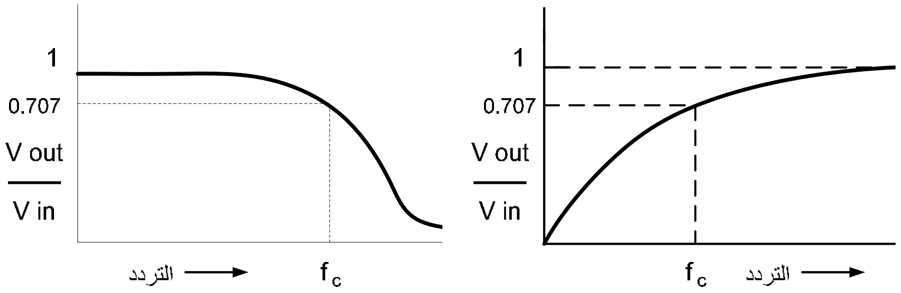
وتسمى بالمرشحات الفعالة وتتكون من متسعات وملفات لتمرير الترددات المتدنية والعالية لدى تغذيتها باشارات جيبية .

1- المرشحات السعوية – المقاومية

تستعمل المتسعات والمقاومات لتمرير ترددات متدنية وعالية على السواء الا ان هذا النوع من المرشحات يعاني من مشاكل في الترددات فوق **100KHz** ولايحبذ استخدامه عندها . ويصلح عمليا للترددات الواطئة فقط (للترددات الصوتية .



شكل (9 – 3) مرشح ترددات عالية مرشح ترددات واطئة



الاستجابة الترددية لمرشح ترددات عالية (2)

الاستجابة الترددية لمرشح ترددات واطئة (1)

شكل (10 – 3) الاستجابة الترددية للمرشحات السعوية المقاومية

$$f_c = \frac{1}{2\pi C R}$$

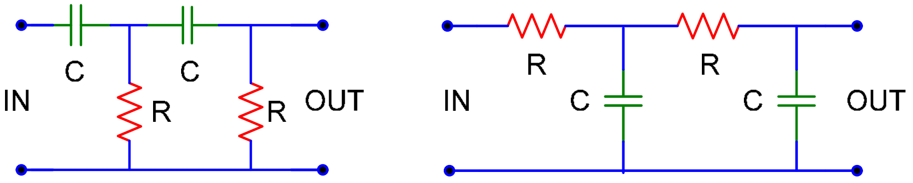
fc = تردد القطع بالهيرتز
C = قيمة المتسعة بالفاراد
R = قيمة المقاومة بالاوم
2.14 = π

لو نظرنا الى الى الشكل (10 – 4) نرى ان دائرة تمرير الترددات المتدنية تبدأ ثابتة مسطحة ثم تهبط تدريجيا مع ارتفاع التردد الى ما فوق قيمة تردد القطع fc .

اما دائرة تمرير الترددات العالية تعطي استجابة ترتفع تدريجيا مع ارتفاع التردد ثم تتواصل مسطحة مع تجاوز التردد قيمة القطع .

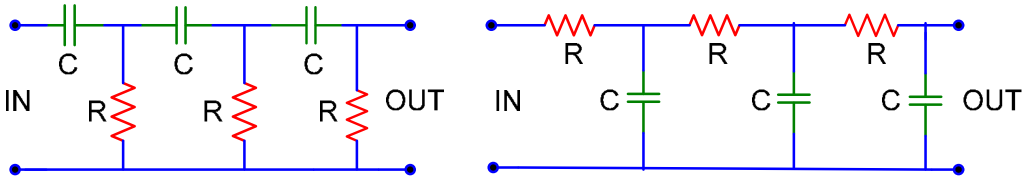
في كلا الدائرتين يكون تردد القطع fc هو التردد الذي تهبط عنده فولتية الخرج الى 0.707 من فولتية الدخول و للحصول على تدرجات اكثر انحدارا ينبغي توصيل مرشحين احاديي المرحلة او اكثر بشكل تعاقبي .

معدل الهبوط (التوهين Attenuation) يزداد بزيادة المراحل 6 ديسبل للمرحلة الاولى و 12 ديسبل للمرحلة الثانية و 18 ديسبل للمرحلة الثالثة


IN
C
C
R
R
OUT
IN
R
R
C
C
OUT

مرشح ترددات متدنية ثنائي المراحل

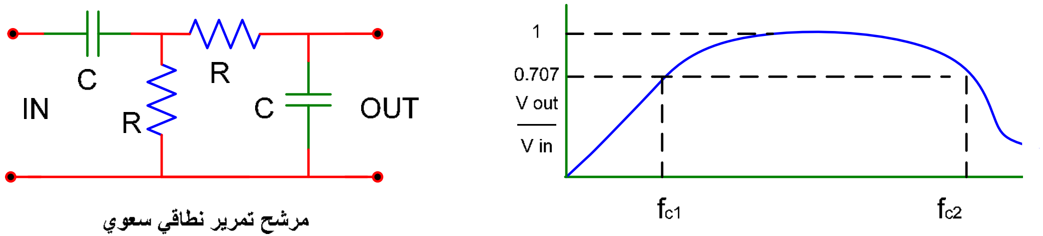
مرشح ترددات عالية ثنائي المراحل


IN
C
C
C
R
R
R
OUT
IN
R
R
R
C
C
C
OUT

مرشح ترددات متدنية ثلاثي المراحل

مرشح ترددات عالية ثلاثي المراحل

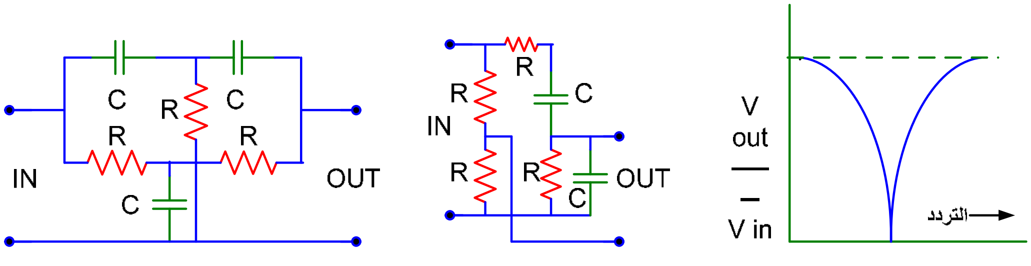
شكل (11 – 3) مرشحات سعوية مقاومية متعاقبة


IN
C
R
R
C
OUT
1
0.707
V out
V in
fc1
fc2

مرشح تمرير نطاقي سعوي

الاستجابة الترددية لمرشح تمرير نطاقي سعوي

شكل (12 – 3) مرشح تمرير نطاقي (حزمة) سعوي مقاومي


C
C
R
R
R
C
IN
OUT
R
R
C
IN
R
R
C
OUT
V
out
V in
التردد

Twin-T مرشح لانطاقي مزدوج

مرشح قنطرة وين اللانطاقي

الاستجابة الترددية لقنطرة وين و
Twin-T

شكل (13 – 3) الاستجابة الترددية في كل من قنطرة وين و Twin-T

2 - المرشحات الحثية السعوية LC

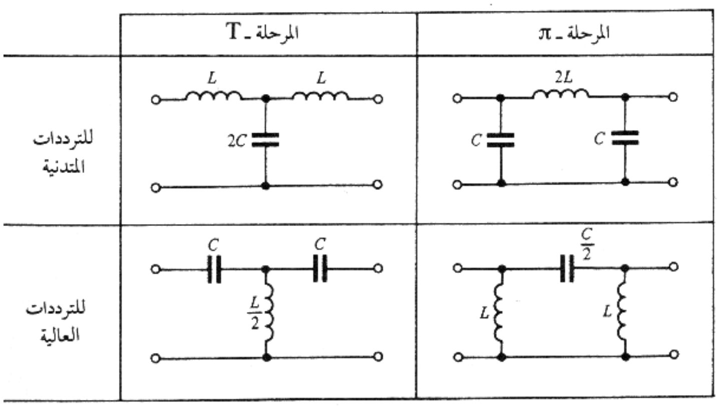
كما نوهنا سابقا بان المرشحات السعوية المقاومية RC تعاني من مشاكل كبيرة في الترددات العالية (فوق 100KHz) لذا يفضل استعمال مرشحات LC للترددات المتدنية والعالية والانواع الرئيسية هي π و T و L وسبب تسميتها بهذه الاسماء انها تمثل شكل رسمها على الخارطة ليس الا .

المعادلات التصميمية لمرشحات LC بانواعها

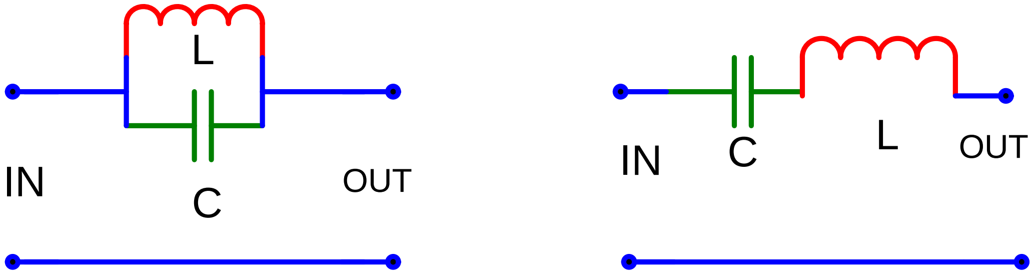
المعاوقة المميزة / وحدتها اوم	Ω	$Z_o = \sqrt{\dfrac{L}{C}}$
تردد القطع / وحدته هيرتز	Hz	$f_c = \dfrac{1}{2p\sqrt{LC}}$
الحث / وحدته هنري	H	$L = \dfrac{Z_o}{2p\ f_c}$
السعة / وحدتها فاراد	F	$C = \dfrac{1}{2p\ f_c\ Z_o}$

حيث Zo بالاوم , fc بالهيرتز , L بالهنري , C بالفاراد

يراعى عند تصميم المرشحات ضرورة ابعاد تاثير القوى والسعات الشاردة للملفات في ما بينها وخصوصا في الترددات العالية جدا لمنع تأثير الواحد على الاخر (عدم وضع الملفات بصورة متجاورة بل توضع بصورة متقاطعة) .


المرحلة ـ π
المرحلة ـ T
للترددات المتدنية
للترددات العالية
L
L
2C
2L
C
C
C
C
L/2
C/2
L
L

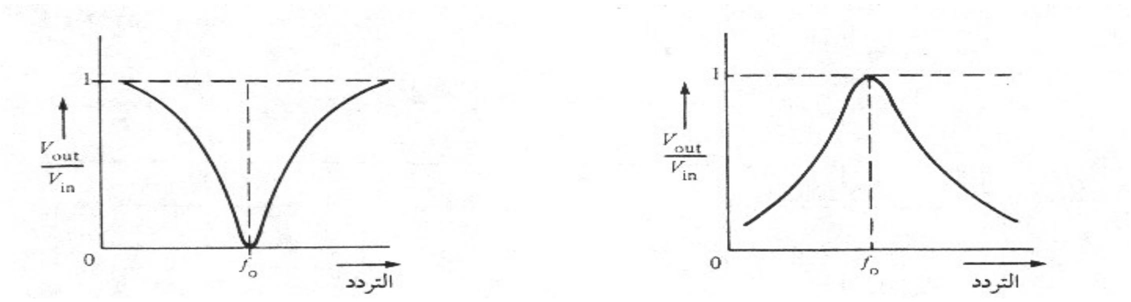
الشكل (14 – 3) المرشحات الحثية والسعوية لتمرير الترددات المتدنية والعالية


IN
C
L
OUT
IN
C
L
OUT

مرشح تمرير متوال

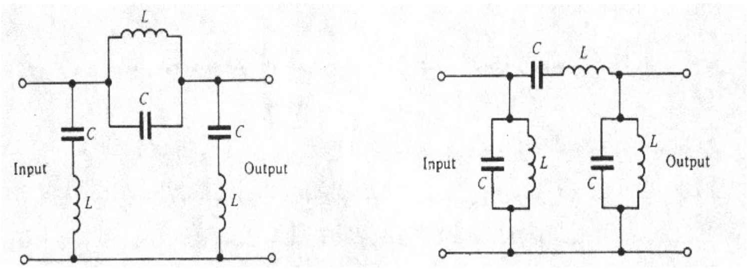
مرشح تمرير متوازي

الشكل (15 – 3) مرشحات دوائر مؤلفة على ربط التوالي والتوازي



الشكل (16 – 3) الاستجابة الترددية لربط التوالي والتوازي

يمكن تحسين اداء المرشحات البسيطة السابقة الى حد كبير جدا باضافة عناصر تفريعية على طول الخطوط كما في الشكل الاتي ويلاحظ ان العناصر المفرّعة يجب ان تاخذ شكلا معاكسا للعنصر الاساسي في الدائرة ويتم تحسين الاداء اذا تم تجنب الاقتران العرضي والمحاثات تحديدا ينبغي تركيبها بحيث يتم تجنب الاقتران الكهرومغناطيسي .

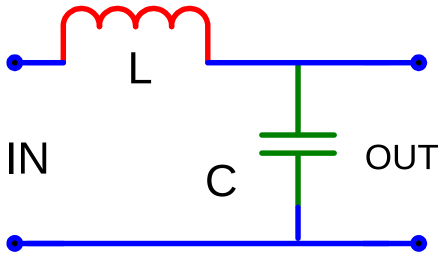


شكل (17 – 3) تحسين اداء المرشحات باضافة عناصر تفريعية

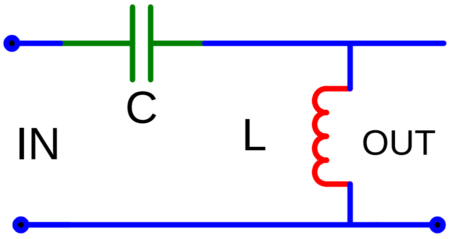
من خلال ماسبق يمكن تلخيص نوع وعمل المرشحات الحثية السعوية **LC**

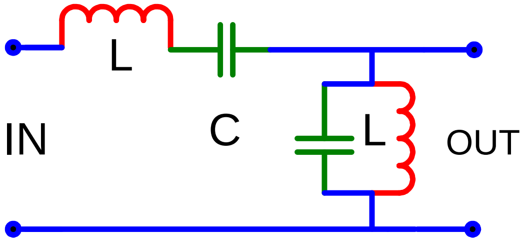
أ- مرشح نوع **L**

1- مرشح تمرير منخفض يمرر جميع الترددات الاقل من تردد القطع و يسبب اضمحلال الترددات الاعلى من تردد القطع .
شكل (18 – 3)

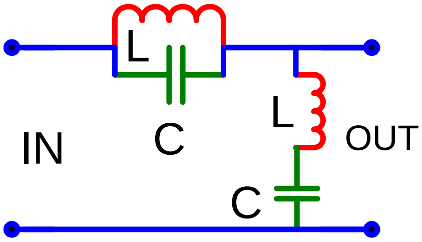


2- مرشح تمرير مرتفع يمرر جميع الترددات الاعلى من تردد القطع و يسبب اضمحلال الترددات لاقل من تردد القطع .
شكل (19 – 3)





3- مرشح تمرير حزمة يمرر حزمة الترددات بين ترددي القطع و يسبب اضمحلال الترددات الاعلى و الاقل . شكل (20 – 3)



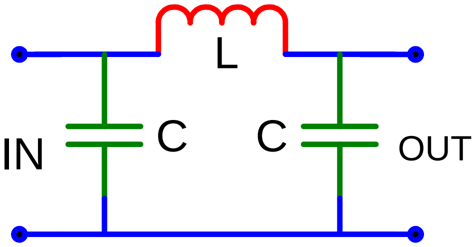
4- مرشح تضييع حزمة يسبب اضمحلال الترددات بين ترددي القطع و يمرر الترددات الاعلى و الاقل من تردد القطع . شكل (21 – 3)

يختلف تصميم المرشحات تبعا للخواص المطلوبة و احد الخواص الهامة هو حدة القطع هو اصطلاح يعبر به عن مقدار السرعة التي تضمحل بها الترددات بعد تردد القطع و في الاستعمالات التي لا تتطلب قطع حاد يستخدم احيانا مرشح (متسعة ومقاومة) بدلا من مرشح (ملف ومتسعة) و ذلك توفيرا للتكاليف لان المقاومة ارخص ثمنا من الملف .

يمكن اضافة اكثر من قطاع للحصول على قطع اكثر حدة باستخدام مرشحات تسمى مستخلص M و تتكون من اضافات متعارضة (اضافة مكثف الى ملف او بالعكس) في اي من فرعي التوالي او التوازي للدائرة الاصلية .

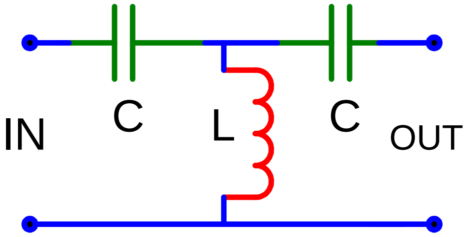
يمكن استخدام بلورة الكوارتز كمرشح ضيق جدا Very Narrow Band وبتردد البلورة نفسها

ب- مرشحات نوع π



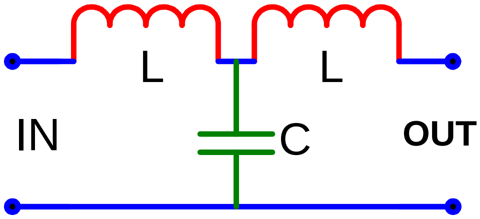
شكل (3 – 22)

ج- مرشحات نوع T



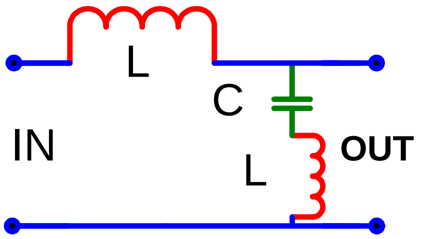
شكل (3 – 23)

د- مرشحات متعددة القطاعات M



شكل (3 – 24)

و- مرشحات مستخلص M



شكل (3 – 25)

القلوب الدائرية والفيرايت Ferrite

ملفات التردد الراديوي يجب ان تكون صغيرة الحجم بسبب صغر اجهزة الاستقبال الحديثة لذا يجب لف الملفات الراديوية على قلب له نفاذية مغناطيسية عالية وحلقة هسترة مغناطيسة ضيقة ومقاومة عالية للتيارات الدوامة حتى لاتبدد طاقة التيار الراديوي .

وللحصول على هذه المواصفات تستعمل برادة الحديد او المادة المغناطيسية الناعمة جدا (كالغبار الدقيق) وتخلط بمادة لاصقة عازلة وتصب بقوالب تحت ضغط معين لتكوين القلب حسب الشكل المطلوب فاما ان يكون مسنن لتحريكه داخل محولات التردد المتوسط IF او على هيئة قضبان للف الملفات عليه او حلقية او انابيب مثقبة مزدوجة اوثلاثية الثقوب واشكال عديدة وحسب الحاجة والاستعمالات . والفيرايت عادة هو اوكسيد الحديد المغناطيسي $fe\,o + fe_2o_3$

اما الفيرو كسكيوب mfe_2o_4 فهو مادة ذات نفاذية مغناطيسية عالية مما يجعله ملائما لتطبيقات الترددات الراديوية .

القلب الدائري (توروييد **Toroid**) هو القلب الدائري الحلقي الغناطيسي والذي يشبه الكعكه الدائرية او اطار السيارة المطاطي الداخلي ومادة القلب الدائري (مسحوق الحديد او الفيرايت) تزيد من المحاثة الفعالة للملف الدائري اكثر من الفراغ او اي مادة اخرى .

هذا الامر يؤدي الى اقلال الحيز اللازم للتجميع وخفض الفقد المتأتي من مقاومةاسلاك الملف فالمقاومة المتناقصة تحقق قيمة عالية مرغوبة لعامل الجودة Q للملف لذا يمكن استخدام اسلاك ذو قطر كبير والنتيجة بشكل عام ملف ذو ابعاد قليلة ومقاومة قليلة للحصول على Q عالية .

من ميزات القلوب الدائرية هي الملف او المحولة الملفوفة على القلب لها حجب ذاتي كبير وهذا يعني انه لا وجود لتداخل المجالات المغناطيسية بين الملفات او المحولات فيما بينها .

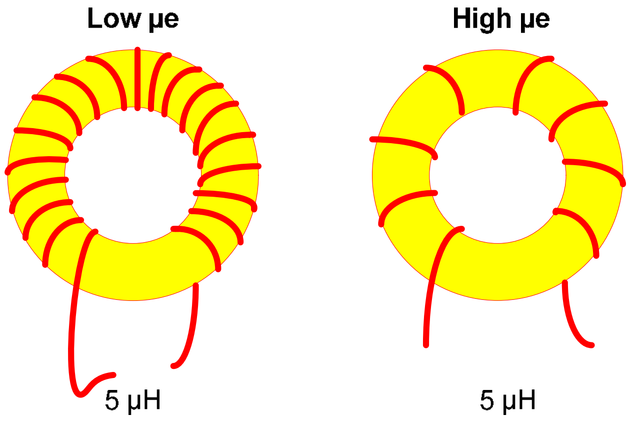
تتوفر القلوب الدائرية باحجام واشكال واقطار متنوعة فالحجوم تبدا من عدة مليمترات الى حوالي 15 سم والاقطار المستخدمة في اجهزة الاتصالات عادة من 5 ملم الى 5 سم وهي تبدو متشابهة في اشكالها ولكنها في الحقيقة توجد فروق في خصائصها ومميزاتها وهناك جداول خاصة بذلك وبشكل عام ان **قلوب مسحوق الحديد powdered-iron** هي الاكثر ملائمة لدوائر التردد الراديوي عندما نحتاج دوائر تنغيم ذات قيمة Q عالية وحزم تنغيم ضيقة Narrow-band

القلوب الحديدية التقليدية تعمل جيدا في المنطقة السمعية من طيف الترددات وصعودا اما عند الترددات الراديوية العالية فان القلوب الحديدية لايمكن استخدامها ونلجا الى استخدام قلوب الفيرايت او قلوب مسحوق الحديد .

خلطة المادة المصنوع منها القلب وطريقة صناعته تكون سببا في اعطاء القلب خواصه النفاذية المميزة specific permeability. ويعبر عنها بالعامل μi او بالرمز μe effective permeability وكلما عظمت نفاذية القلب كلما تحقق حث اكبر لنفس عدد اللفات وهو المطلوب لزيادة عامل الجودة Q للملف .

من المهم معرفة خصائص القلب قبل استعماله فالقلب الخطا ممكن ان يعيق عمل الدائرة وخاصة عند القدرات العالية للتردد الراديوي لهذا السبب يتعين علينا الانتباه عند استخدام قلوب غير معروفة من الاجهزة المستعملة لان الاحجام واحدة لكن الخصائص مختلفة .

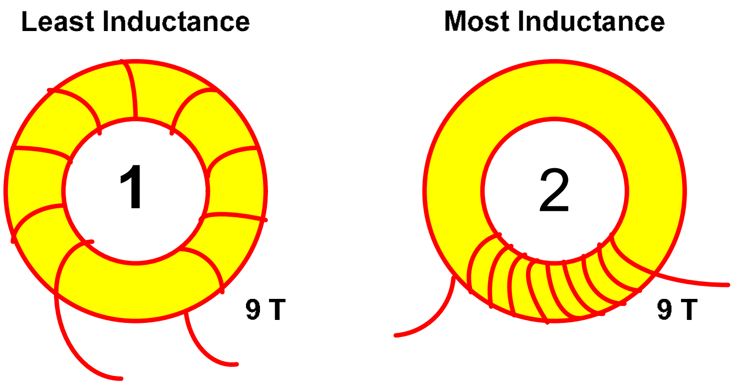
نفاذية القلب ممكن ان توضح بشكل دقيق من خلال استعمل ملفين على قلبين دائريين حيث كل من الملفين لهما حث 5μH القلب ذو النفاذية الكبيرة high-μe له عدد قليل من اللفات بينما القلب ذو النفاذية الواطئة low-μe يتطلب عدد اكبر من اللفات للحصول على نفس الحث 5μH . وهذا راجع الى مواصفات وطبيعةالقلب المستخدم حيث تجهز الشركات المصنعة جداول قياسية باحجام وقدرات وخصائص ونفاذية القلوب .



قلب ذو نفاذية مغناطيسيةعالية يحتاج لعدد لفات اقل من اخر
ذو نفاذية واطئة لتحقيق نفس مقدار الحث

شكل (26 – 3) الفرق بين النفاذية للقلوب الحلقية

يمكن التحكم بحث الملف عن طريق نشر او ضغط لفاته قليلا وكلما نشرنا اللفات على كامل مساحة القلب كلما حصلنا على حث اقل للملف ككل . هذا الموضوع ممكن ان يكون مفيدا عند اجراء الضبط النهائي في دوائر التنغيم حيث قطرة صمغ او شمع منصهر ممكن ان تعيد تثبيت اللفات في مكانها .



افضل النتائج يمكن الحصول عليها عند نشر اللفات بمقدار
330° حول القلب كمافي الشكل 1
ولاينصح بلم الملف كما في الشكل 2

شكل (27 – 3) الفرق في الحث بين نشر ولم الملفات الحلقية

تشبع القلب وقدرة القلب Saturation And Power Rating

يجب ان لايختار القلب فقط ليحقق لنا قيمة Q المطلوبة والعامل μe علينا ان ننتبه للقدرة التي يمكن للقلب ان يتحملها بشكل امن . زيادة القدرة المحملة للقلب تؤدي الى :

1- سخونة القلب الغير الطبيعية
2- تغير نفاذية القلب μe
3- توليد توافقيات غير مرغوب بها Harmonic
4- تكسر القلب

قلب الفيرايت الذي يتعرض الى قدرة تفوق تحمله تتغير نفاذيته المغناطيسية وحتى عندما يبرد لاترجع نفاذيته الى قيمتها الاصلية .
اما قلوب غبار الحديد وتحت نفس الظروف لاتتعرض الى التغيرات اعلاه ولاتعاني من تغيير نفاذيتها المغناطيسية .

ان μe لقلوب الفيرايت اكبر كثيرا من قلوب غبار الحديد لكن كثافة الفيض المغناطيسي مقدرة بالكاوس لقلوب غبار الحديد اكثر بكثير من مثيلاتها من قلوب الفيرايت وهذا يعني ان قلوب غبار الحديد مهيئة لحمل قدرة اكبر من مثيلاتها من قلوب الفيرايت .

لف الملفات على القلوب الدائرية وعامل حث القلب AL

من الصعوبات التي تجابهنا عند لف الملفات الدائرية هو معرفة الطول الكافي للسلك المستخدم للف الملف . اذ ان التخمينات غالبا ماتكون مخيبة وخاصة اذا كان الملف يحوي عدد كبير من اللفات واذا لم يكفي طول السلك سنضطر الى فك اللفات وابدال السلك باخر اطول واعادة اللف . السلك الطويل يكون عقبة في العمل والطريقة العملية هي صنع لفة كاملة حول القلب ثم ضرب طول هذه اللفة في عدد اللفات المطلوبة واعطاء بعض السانتمترات الاضافية لطول الاطراف .

القلوب بصفة عامة لها عامل يسمى AL عامل حث القلب وهو مشتق من دوران المجال المغناطيسي دورة واحدة خلال مادة القلب والشركة الصانعة تذكر هذا الرقم على كل قلب مصنع وهو يختلف من قلب لاخر ووحدته الهنري H او اجزاءه , ملي هنري , مايكروهنري .

يمكن حساب عدد اللفات التي تحقق الحث المطلوب لملف قلب دائري بالاستعانة ب AL المعطى للقلب وحسب العلاقة :

$$\text{Turns} = 100\sqrt{\frac{L\,(\mu H)}{AL}}$$

حيث L هو الحث المطلوب من الملف و Turns عدد اللفات وال AL المعطاة مع القلب .

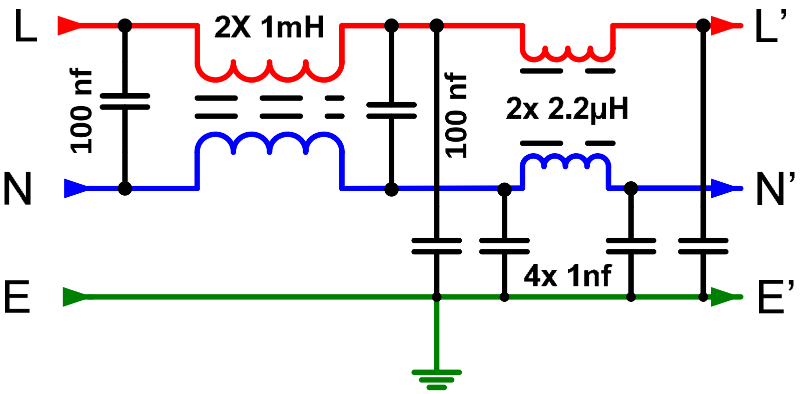
فلو اردنا معرفة عدد اللفات اللازمة للحصول على ملف يحقق حث مقداره 5μH ب AL قدره 50μH فيمكن حسابها من العلاقة السابقة

$$\text{Turns} = 100\sqrt{\frac{5}{50}} = 31.6 \ \text{Turns}$$

وليس من المعقول ان نلف 0.6 لفة فاما ان نلف 32 او 31 لفة ويجب لف الملف على جميع مساحات القلب (توزيعه) كما في الشكل 24 / 1 لتحقيق العلاقة السابقة . ويمكن ضبط المحاثة بلم او توزيع اللفات كما سبق توضيحه .

تستعمل القلوب الدائرية وخرز الفيرايت لكبح الترددات الطفيلية في مكبرات VHF و UHF ويجب وضعها اقرب مايكون من الترانسسترات وتستعمل كذلك في منع التردد الراديوي من الانتقال عبر مراحل خط التغذية داخل اجهزة الاتصالات , وتوضع عدة خرز متوالية كخوانق للتردد الراديوي بين مرحل المكبرات الراديوية وتستعمل كذلك في الاجهزة المنزلية التي تتولد فيها الضوضاء الكهربائية كمجففات الشعر والمكانس الكهربائية وخلاطات الفواكه (ست البيت)

كما تستعمل قلوب الفيرايت كمحولات عزل في الهوائيات لمنع الموجات الراديوية المنبعثة منه من السريان عبر كيبل الهوائي (على الضفيرة الخارجية للكيبل) وتوليد تداخلات لاسلكية مضرة حول وداخل المحطة والتشويش على الاجهزة المختلفة اثناء الارسال كالتلفزيون والحاسبات والتليفونات .



شكل (28 – 3) مرشح للتغذية العمومية بقلوب فيرايت يستخدم مع الاجهزة الكهربائية التي تصدر ضوضاء وضجيج كهرومغناطيسي او كهروستاتيكي لمنع هذه الضوضاء من التأثير على الاجهزة المجاورة ويوضع داخل صندوق معدني صغير مغلق ومؤرض جيدا داخل الجهاز الذي يصدر الضوضاء . وطبعا يستخدم مع الاجهزة الجيدة والغالية الثمن .

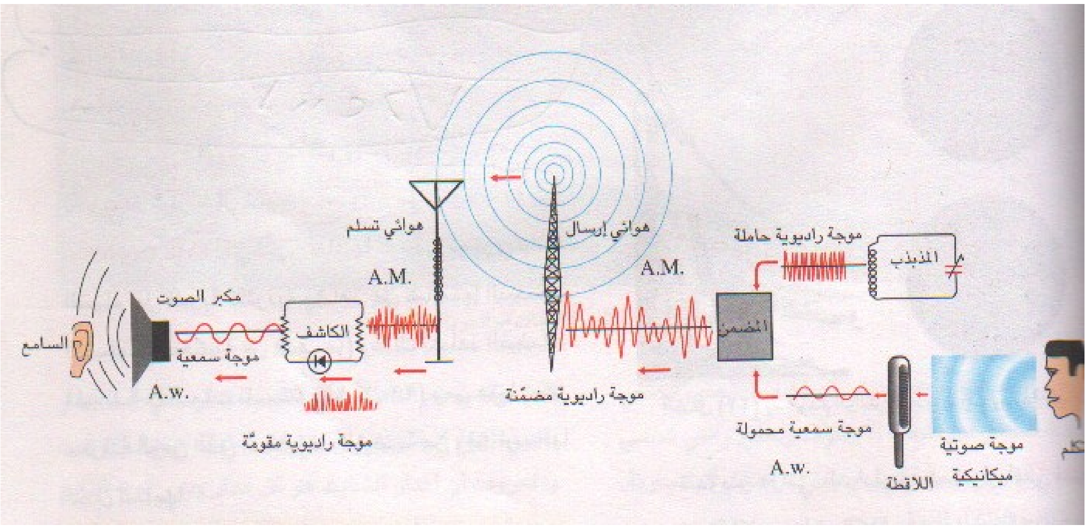
الفصل الرابع

توليد الامواج الكهرومغناطيسية والارسال والاستقبال والتحميل

ان نقل الصوت لمسافات بعيدة غير ممكن بسبب تلاشي الموجة الصوتية في الهواء كلما ابتعدنا عن مصدر الصوت لذا تطلب طريقة ما لنقله الى مسافات شاسعة فاستعملت الامواج الكهرومغناطيسة العالية التردد والتي لها القابلية على الانتشار في الهواء والفراغ بسرعة الضوء (300,000 كلم / ثانية) بعد تحميل الصوت عليها وامكن نقل الصوت والموسيقى والبيانات الى مسافات شاسعة وحتى خارج الكرة الارضية (عند الاتصال مع رواد المركبة الفضائية ابولو 11 وهي على سطح القمر مثلا) .

ان توليد الامواج الكهرومغناطسية في اجهزة الاتصالات يتم عبر دوائر الكترونية تولد هذه الموجات وبالترددات المطلوبة ويتم تحميل الصوت اوالبيانات عليها بعدة طرق وسنتطرق الى انواع وطرق التحميل لاحقا في Modulation هذا الفصل .

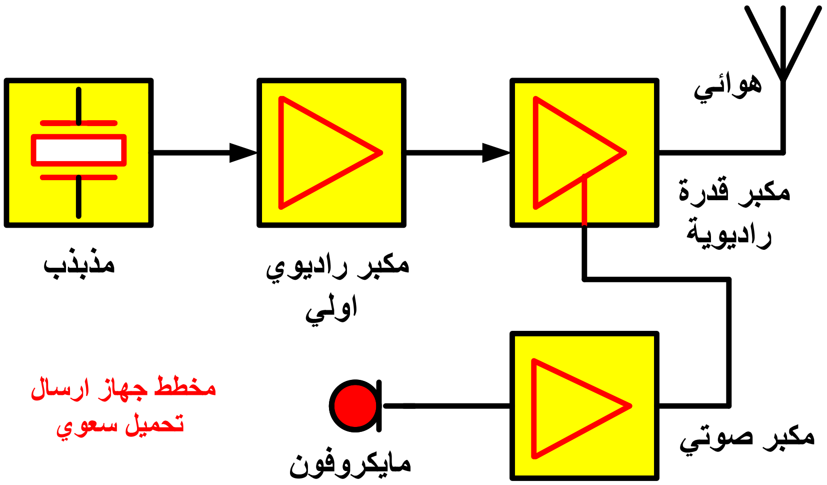
لو ربطنا ملف ذو حث مناسب بمتسعة على التوازي لامكن الحصول على ابسط دائرة رنين وبربط هذه الدائرة مع ترانسستور او صمام مفرغ (valve) لامكن الحصول على دائرة مذبذب (oscillator) تستخدم كدائرة اساسية لتوليد الموجة الكهرومغناطيسية والتي ستكبر قدرتها ويتم تحميل الصوت عليها ثم تبث الى الفضاء او الجو ومن ثم استلامها من قبل اجهزة الاستقبال حيث تكبر الاشارة الراديوية المستلمة ثم تستخلص الاشارة الصوتية منها (بعد اهمال الموجة الراديوية الكهرومغناطيسية الحاملة) .


هوائي تسلم
هوائي ارسال
موجة راديوية حاملة
المذبذب
A.M.
A.M.
مكبر الصوت
الكاشف
المضمن
السامع
موجة سمعية
A.w.
موجة راديوية مضمّنة
موجة راديوية مقومّة
موجة سمعية محمولة
A.w.
موجة صوتية
ميكانيكية
اللاقطة

شكل (1- 4) جهاز ارسال واستقبال تحميل (تضمين) سعوي AM

الارسال transmit

يعتبر المذبذب الجزء الرئيسي والمهم في عملية الارسال اذ هو الذي سيحدد تردد الموجه الحاملة (carrier) للاشارة الصوتية او المعلوماتية وتستخدم بلورة الكوارتز كعنصر اساسي في المذبذب لتوليد هذا التردد الذي سيضخم في ما بعد وتحمل الاشارة الصوتية عليه ثم يدخل مرحلة التكبير النهائي فالهوائي . الشكل الاتي يبين مراحل جهاز الارسال بابسط صوره .

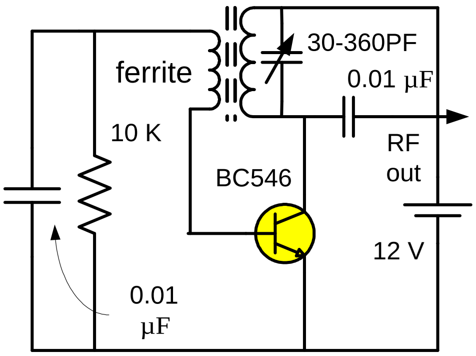

هوائي
مكبر قدرة راديوية
مذبذب
مكبر راديوي اولي
مخطط جهاز ارسال تحميل سعوي
مايكروفون
مكبر صوتي

شكل(2 – 4) مخطط كتلي لجهاز ارسال تحميل سعوي AM

المذبذب oscillator

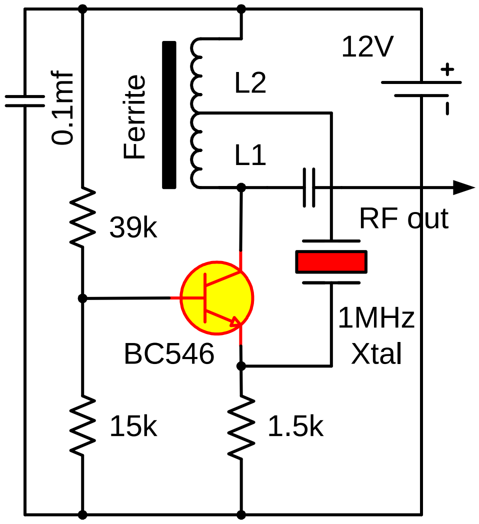
المذبذبات على انواع كثيرة ومتنوعة منها تستخدم دوائر رنين (ملف + مكثف) ومنها تستخدم بلورات الكوارتز ومنها المتغيرة ومنها الثابتة ومن انواع المذبذبات مذبذب هارتلي وكولبيتز وتيكلر وهي جميعا تؤدي الغرض نفسه بتصاميم مختلفة .

شكل (3 - 4) مذبذب راديوي بدائرة رنين


ferrite
30-360PF
0.01 µF
RF out
10 K
BC546
12 V
0.01 µF

الدائرة عبارة عن مذبذب راديوي باستخدام دائرة رنين (ملف ومكثف متغير) وملف للتغذية العكسية feed back وبقلب من الفيرايت (اوكسيد الحديد المغناطيسي) التردد المتولد يعتمد على قيمة الملف و المتسعة المتغيرة 30-360pf حيث يمكن تغيير التردد بتغيير قيمة المتسعة وكلما قلت قيمة المتسعة والملف كان التردد

المتولد اعلى , فعندما تسلط فولتية ما على دائرة الرنين فان المكثف يشحن و يتولد فيه مجال كهربائي ولما كان الملف متصلا بالمكثف على التوازي فان المكثف سيفرغ شحنته في الملف فيولد فيه مجال مغناطيسي وبذلك تبقى الدائرة بحالة شحن وتفريغ الى ان تتلاشى ولما كانت الدائرة مرتبطة بترانسستر مكبر فان الضغط المتردد يبقى متواصلا مادام الترانسستر شغالا حيث ان الضغط المتولد في مجمع الترانسستر ينتقل الى قاعدته عن طريق ملف التغذية العكسية (تغذية عكسية موجبة) لاستمرار عمل المذبذب . تستخدم قلوب الفيرايت (مسحوق اوكسيد الحديد المغناطيسي مع مادة لاصقة لاعطائه الشكل المطلوب) في محولات الترددات الراديوية بدلا من الحديد, وفي حالة الترددات العالية جدا تستعمل القلوب الهوائية فقط وسنتناول هذا الموضوع تفصيليا في فصل لاحق .



الدائرة عبارة عن مذبذب راديوي باستخدام بلورة الكوارتز (1MHz) ويلاحظ عدم وجود دائرة رنين بسبب ان البلورة هي التي تقوم بالاهتزاز وتوليد الذبذبة التي لايمكن تغيرها الا بتغيير البلورة استقرارية هذا النوع من المذبذبات تجعله مفضلا في الاستعمال لثباته واستقراره

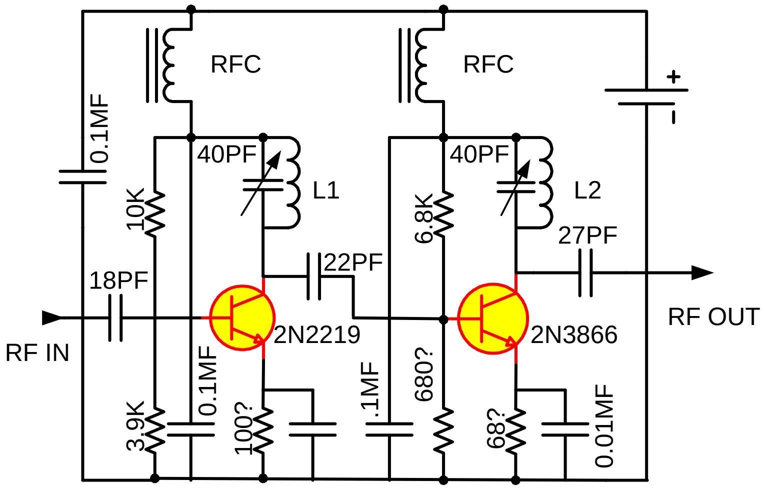
شكل (4 – 4) مذبذب راديوي بلوري

مكبر التردد الراديوي RF Amplifier

يقوم هذا المكبر بتكبير اشارة التردد الراديوي الناتجه من المذبذب والتي عادة تكون ضعيفة القدرة الى قدرة مناسبة بحيث يستطيع المكبر النهائي ان يكبر الاشارة بالقدرة المطلوبة ويتكون من مرحلة تكبير واحدة او اثنتين او ثلاثة حسب الحاجة .

يلاحظ في مرحلة التكبير الاولى والثانية وجود دوائر رنين على مجمعي الترنسستربن لزيادة التكبير لان المكبر حين يعمل على تردد واحد يكون تكبيره اكبر بكثير من مكبر يعمل على حزمة من الترددات , وتضبط دوائر الرنين على التردد المطلوب بتغير المتسعة المثبتة مع الملف ويمكن ان تضبط دائرة الرنين

بتردد التوافقية الاولى او الثانية او الثالثة للذبذبة الاصلية (التوافقية الاولى تعني ضعف التردد والثانية ضعفي التردد وهكذا) للحصول على ترددات اعلى بكثير من تردد المذبذب الاصلي ويستخدم ملف خانق RFC لمنع مرور الترددات الراديويه وتداخلها ما بين المراحل من خلال خط التغذية (+) المقاومات المربوطة على قاعدة الترانسسترات لعمل فولتية الانحياز اللازم لها (Bias) لتشغيل الترانسستر على مستوى فولتية الاشارة الداخلة .



شكل (5- 4) مكبر التردد الراديوي

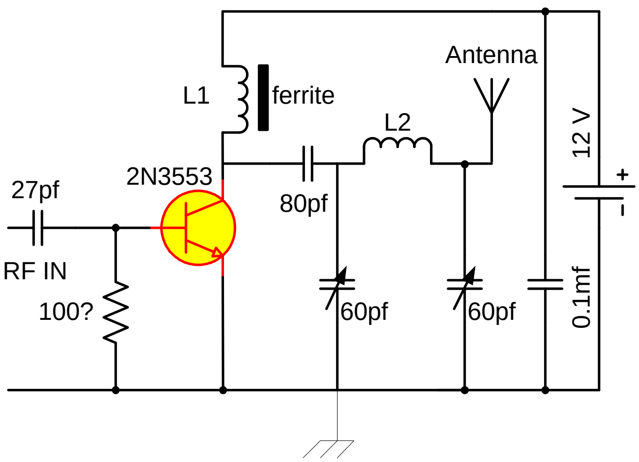
تستخدم طريقة ربط المتسعات بين المراحل C- coupling لمنع دخول فولتية التغذية من مجمع المرحلة الاولى الى قاعدة المرحلة الثانية (تمرير الاشارة الراديوية فقط) ومن الممكن استخدام طريقة ربط المحولات بين المراحل الا انها اكثر كلفة واكثر صعوبة في الضبط . القدرة الخارجة من هذه الدائرة قليلة (اجزاء من الواط) ولا يمكن بثها من خلال الهوائي لذا تحتاج الى مرحلة تكبير نهائية للحصول على القدرة المطلوبة .

مكبر القدرة الراديوية RF power amplifier

يقوم هذا المكبر بتكبير الاشارة الراديوية الخارجة من مرحلة مكبر التردد الراديوي (المرحلة السابقة) و جعلها بقدرة مناسبة (حوالي3 واط في هذا المخطط) و بممانعة خروج 50 اوم و هذا الموضوع ضروري جدا في اجهزة الارسال لأن ممانعة غالبية الهوائيات هي 50 اوم و يجب استخدام كيبل بممانعة 50 اوم ايضا ليتم التوافق بين الجهاز والكيبل والهوائي لخروج الاشارة بكامل قدرتها من الهوائي دون ضياع فيها لأن اي اختلاف في الممانعات بين العناصر

الثلاثة (الجهاز , الكيبل , الهوائي) يزيد من مقدار القدرة الراجعة ال SWR الى الجهاز والتي تسبب في تلف هذه المرحلة اذا ازدادت كثيرا (اكثر من 2) .

المخطط يبين مرحلة تكبير القدرة النهائية ذو قدرة خروج حوالي 3 واط وهذه القدرة تعتمد على نوعية الترانسستر المستخدم والمراحل السابقة له يلاحظ عدم وجود دائرة رنين على مجمع ترانسستر القدرة لأعطاء الامكانية للدائرة للأشتغال عبر حزمة من الترددات و يستخدم الملف L1 كمقاومة حمل للترانسستر و يلاحظ في مكبرات ال RF استعمال الملفات كمقاومة احمال (بدلا من المقاومات الكاربونية الاعتيادية كما في دوائر الصوت) لممانعتها العالية لترددات الراديوية وممانعتها الواطئة للتيار المستمر (فولتية التغذية) .



شكل(6 – 4) مكبر قدرة راديوية 3W

تستخدم دائرة ال π (باي) المتكونة من الملف L2 والمكثفين المتغيرين 60pf لتغيير ممانعة الخروج الى 50 اوم لعمل التوافق اللازم كما بينا سابقا ولعمل مرشح للتوافقيات الغير مرغوب بها والتي يجب ان تصل الى الهوائي .

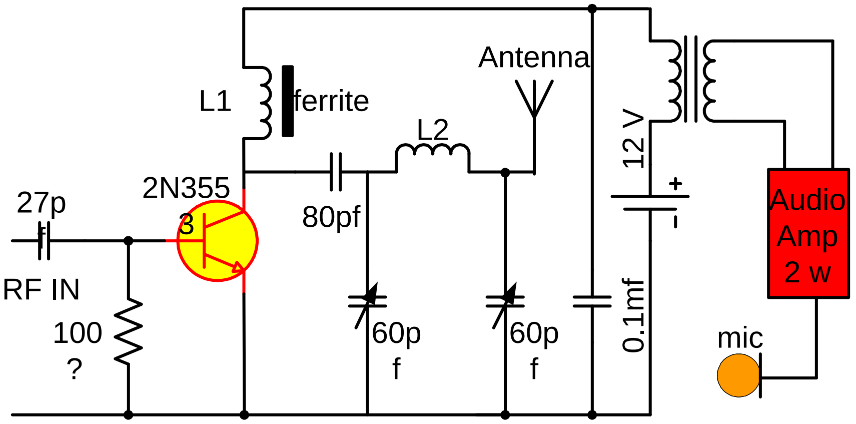
الفرق بين مرسلات ال AM & FM

الدوائر السابقة هي ارسال موجة راديوية مستمرة CW (Continuous wave) بدون اي تحميل صوت او اشارة و هي تستخدم عادة في ارسال اشارات المورس يمكن اضافة مرحلة تكبير صوتية لتحميل الصوت على هذه الموجة المستمرة بطريقتين تحميل سعوي AM و تحميل ترددي FM

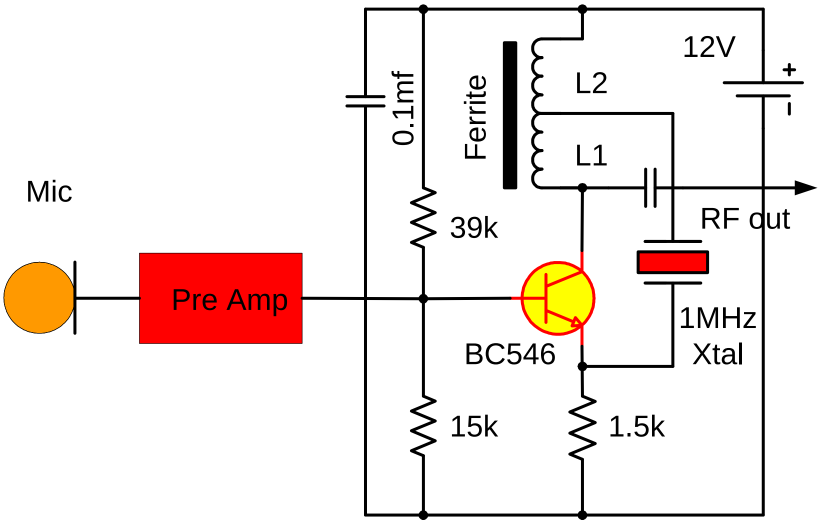
التحميل السعوي يكون على الاغلب من مرحلة مكبر القدرة الراديوية النهائية و يحتاج لقدرة صوتية مناسبة (حوالي 2/3 من قدرة الارسال) لعمل هذا التحميل .

التحميل الترددي يكون من مرحلة المذبذب ولا يحتاج الى قدرة عالية لذلك بل يجب ان تحدد وبدقة لمنع التغيير الكبير في تردد المذبذب في حالة زيادتها .

و سنتناول كل منهما بالتفصيل و بالاستعانة بالدائرة السابقة و لغرض التوضيح فقط

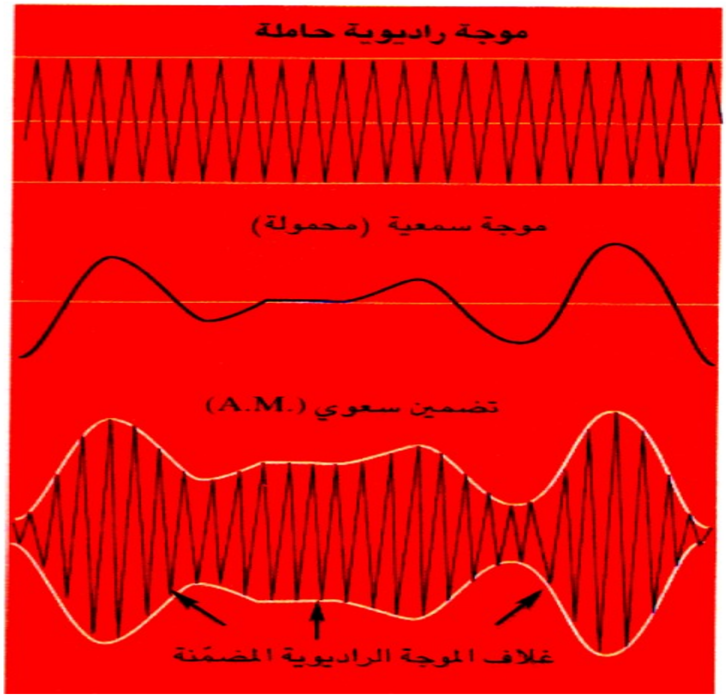

L1
ferrite
Antenna
L2
12 V
+
-
27p
2N3553
80pf
RF IN
100 ?
60pf
60pf
0.1mf
Audio Amp 2 w
mic

الشكل (7 – 4) يبين مرحلة تكبير القدرة الراديوية بتحميل سعوي **AM**


0.1mf
Ferrite
L2
L1
12V
+
-
Mic
39k
RF out
Pre Amp
BC546
1MHz Xtal
15k
1.5k

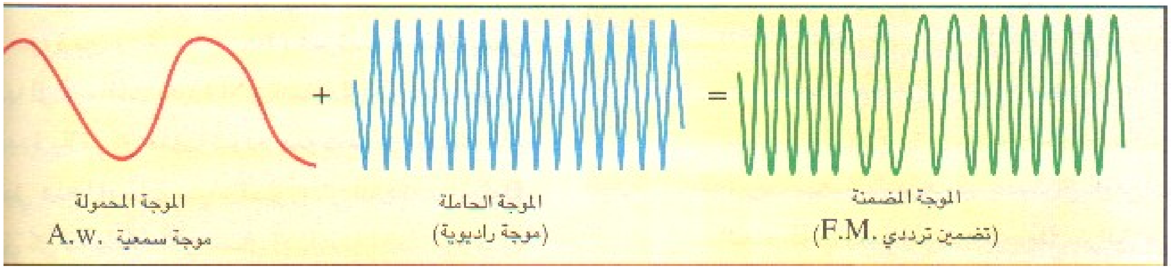
الشكل (8 – 4) يبين طريقة التحميل الترددي **FM** من مرحلة المذبذب

من الشكلين السابقين نرى ان التحميل السعوي ال **AM** يتم عادة من مرحلة التكبير النهائية للمرسلة عبر محولة صوتية (كما هو ظاهر في الشكل الاول) و تتغير الفولتية المسلطة (على مجمع الترانسستر **2N3553** والمارة من خلال الملف الثانوي للمحولة) وفقا للتغير الصوتي و بذلك تزداد سعة الموجة المكبرة و تقل حسب التغيير في الصوت
و كما في الشكل الاتي


موجة راديوية حاملة
موجة سمعية (محمولة)
تضمين سعوي (A.M.)
غلاف الموجة الراديوية المضمّنة

شكل (9 – 4) تحميل (تضمين) سعوي AM

اما التحميل الترددي FM فيتم عادة من مرحلة المذبذب حيث يتغير تردد المذبذب بالزيادة والنقصان حسب الاشارة الصوتية و يكون ذلك عبر تغيير الفولتية على قاعدة الترانسستر المذبذب BC546 و حسب الاشارة الصوتية و ان هذا التغيير في التردد ± بثبوت سعة الموجة يكون مماثلا للاشارة المحمولة (الصوت مثلا)


+
=
الموجة المحمولة
موجة سمعية A.W.
الموجة الحاملة
(موجة راديوية)
الموجة المضمنة
(تضمين ترددي F.M.)

شكل (10 – 4) تحميل (تضمين) ترددي FM

الاستقبال Receivers

مبدأ اجهزة الاستقبال AM & FM مبدأ واحد تقريبا الا ان الاختلاف في مرحلة الكشف والتردد الوسط فقط حيث ان مرحلة كشف موجة AM هي مرحلة بسيطة و يتم عبر دايود كشف فقط , اما مرحلة كشف موجة ال FM تتم عبر دائرة معقدة نوعا ما و تسمى المميز (Discriminator) و يتم تحويل الفرق في التردد الى تغيير في الفولتية و مشابها للاشارة الصوتية الاصلية .

اما بالنسبة للتردد الوسط ال IF (Intermediate Frequency) فاجهزة الاستقبال AM يكون التردد الوسط فيها 455 KHz اما بالنسبة لاجهزة استقبال FM فهي على انواع الغالبية منها بذبذبة 10.7 MHz وقسم منها بذبذبة 455 KHz وقسم منها بذبذبة 42 MHz وبالنسبة لاجهزة الاستقبال التلفزيوني فان التردد الوسط هو حزمة وليس تردد واحد وهو من 33.4 MHz (للصوت) الى 38.9 MHz (للصورة) اي بعرض 5.5 MHz وهو ما يمثل عرض الحزمة الصورية (video) .

يتكون جهاز الاستقبال من دائرة رنين (ملف + مكثف) تضبط على التردد المطلوب استقباله و تكون مربوطة بهوائي الاستلام , يتم تكبير الموجة المستلمة بواسطة مرحلة تكبير اولية RF pre Amp لأن الاشارة القادمة من الهوائي تكون من الضعف (بالمايكرو فولت) بحيث يتعذر اجراء اي تغيير عليها .

تولد ذبذبة من مذبذب محلي Local oscillator داخل الجهازعموما بتردد يزيد بمقدار 455KHz في مستقبلات ال AM و 10.7 OR 9.1MHz في مستقبلات ال FM عن التردد المستلم تمزج هذه الذبذبة المولدة مع الذبذبة المستقبلة والخارجة من مرحلة التكبير الاولية فتنتج لدينا اربع ذبذبات

1- الذبذبة المولدة
2- الذبذبة المستقبلة
3- مجموع الذبذبتين المولدة + المستقبلة
4- فرق الذبذبتين المولدة – المستقبلة وهي فقط التي سيتفاد منها .

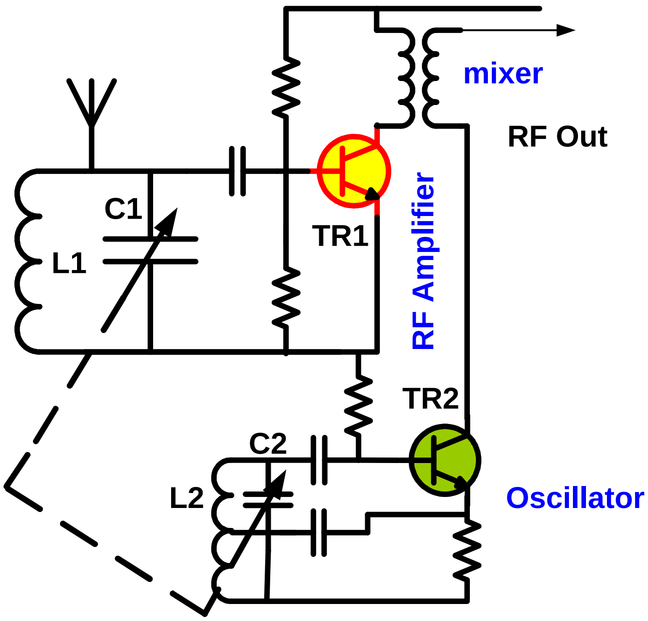
تدخل هذه الاربع ذبذبات الى مرحلة التكبير الوسط IF (التي تكون عادة مصممة لتكبير وامرار ذبذبة واحدة هي ذبذبة الفرق بين المولدة – المستقبلة و تكون اما 455KHz في اغلب AM و 10.7 MHz في ال FM) و يتم تكبير الفرق فقط و تهمل بقية الذبذبات .

يتم كشف الاشارة الصوتية بعد هذه المرحلة (مرحلة التردد الوسط IF) بطريقتين كما اسلفنا سابقا

1- بكاشف بلوري (دايود) جيرمانيوم اذا كانت الموجة المحملة AM
2- بالمميز Discriminator اذا كانت الموجة المحملة FM

ثم تدخل الاشارة المكشوفة الى مكبر للترددات الصوتية و من ثم الى السماعة و سنتناول كل مرحلة بالشرح والتوضيح . هذا النوع من المستقبلات يسمى بالسوبر هيتروداين (Supper Heterodyne) وهو ذو حساسية عالية وقدرة انتخاب جيدة والمستقبلات كانت في السابق تعمل بشكل خطي وكانت قليلة الحساسية و قدرتها على الانتخاب رديئة اذ كانت تسمع اكثر من محطة على الموقع الواحد و بخاصة اذا كانت المحطات قوية كما ان المحطات الضعيفة لا يمكن ان تسمع بسبب تداخل المحطات القوية معها لذلك برزت الحاجة الى استخدام مستقبلات اكثر حساسية و اكثر قدرة على الانتخاب و هي السوبر هتروداين

مرحلة انتخاب الذبذبة ومكبر الاشارة الراديوية والمذبذب والمازج



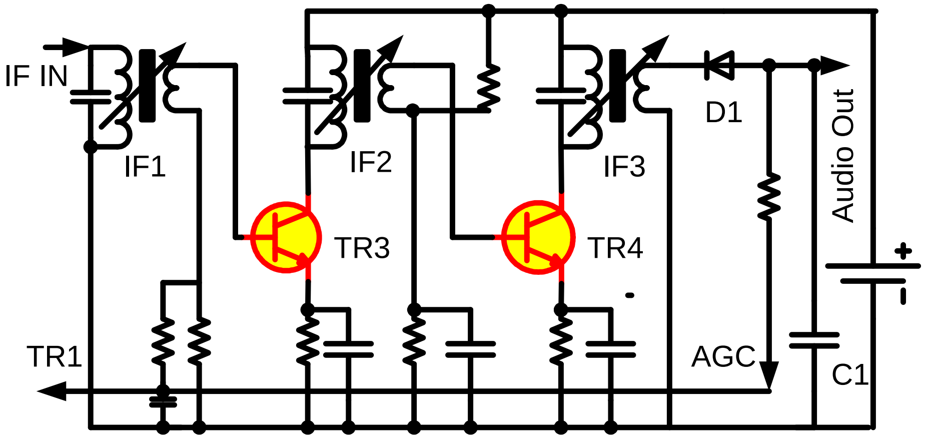
شكل (11 – 4)

لمختلف المحطات الاذاعية وينتخب تردد واحد بواسطة دائرة الرنين المتكونة من C1 و L1 وتهمل بقية الترددات تم تكبر هذه يستلم الهوائي ملايين الترددات الاشارة والتي تكون ضعيفة جدا (بالمايكروفولت) بواسطة TR1 مكبر الاشارة الراديوية وفي الوقت نفسه يتم توليد تردد راديوي اعلى من التردد المستلم بمقدار 455KHz في مستقبلات AM بواسطة TR2 في مرحلة المذبذب Oscillator بواسطة C2 و L2 . C1 و C2 عبارة عن متسعتين متزامنتين (على محور واحد) ليبقى الفرق في التردد بين الموجة المولدة والمستلمة 455KHz على اي محطة مستلمة فعند استلام التردد 1000KHz مثلا يكون تردد المذبذب 1455KHz , تمزج هاتين الذبذبتين في المازج Mixer وتنتج لدينا 4 ذبذبات

1455 – 1000 = 455 KHz وهي التي سنستفيد منها وتهمل البقية
1455+ 1000 = 2455 KHz تهمل
1000 KHz تهمل
1455 KHz تهمل

مرحلة التردد الوسط IF Intermediate frequency

تتكون هذه المرحلة عادة من مرحلتي او ثلاث مراحل تكبير ومزودة بدوائر رنين على التردد 455KHz لغرض زيادة كسب المرحلة وامرار 455KHz فقط ويتم السيطرة على التكبير المرحلة هي ومرحلة مكبر RF بواسطة ضابط كسب اوتوماتيكي AGC Automatic Gain Control يقوم بارجاع تغذية خلفية عكسية الى المكبرات لتقليل التكبير اذا كانت الاشارة قوية وزيادته اذا كانت ضعيفة كي لاتؤثر المحطات القوية على الضعيفة وجعل استلام المستقبل بمستوى واحد قدر الامكان .
والدائرة مشابهة لل FM عدا بعض الاختلافات فالذبذبة الوسط 10.7MHz والترانسسترات تشتغل على ترددات اعلى مما في AM



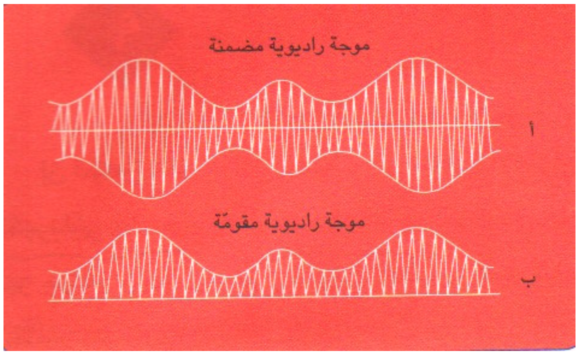
شكل (12 – 4) مرحلة التردد الوسط و AGC ومرحلة الكشف

مرحلة الكشف

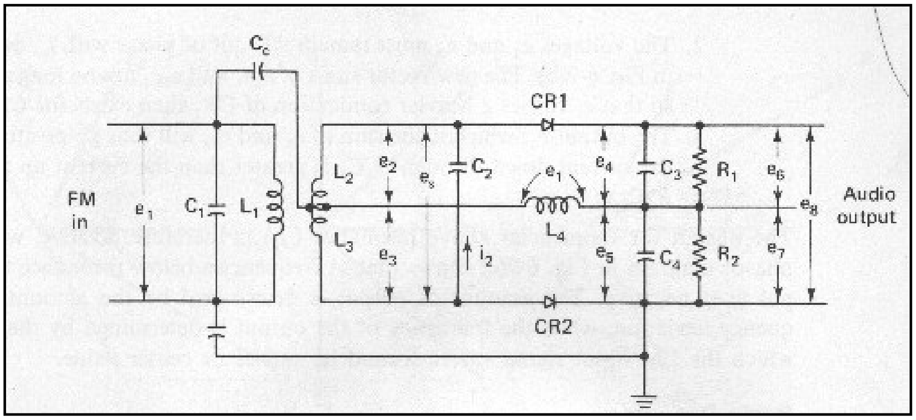
تتم بواسطة دايود الجيرمانيومD1 الذي يمرر الجزء الموجب او السالب حسب اتجاهه من الاشارة مع المرشح C1 الذي يقوم بتمرير الذبذبات العالية RF الي الارضي فتتبقى الموجة الصوتية فقط هذه الطريقة لكشف التحميل السعوي AM

اما FM فيكشف بدائرة تسمى المميز Discriminator وهي تختلف في عملها عن دائرة AM وهي تقوم بتحويل تغير الذبذبة في الموجة الحاملة الى فولتية وتكون شبيهة بالاشارة التي حملت عليها (الصوتية) مثلا في جهاز الارسال .

غالبية مراحل الكشف للاشارات الراديوية تستخدم دايودات الجرمانيوم بدلا من السيلكون لكون دايودات الجرمانيوم تصبح موصلة عند فولتيات انحياز امامية ادنى منها في دايودات السيلكون (0.2V – 0.3V) جرمانيوم و(0.6V – 0.7V) سليكون وتكون مناسبة جدا خصوصا بالاشارات الضعيفة .



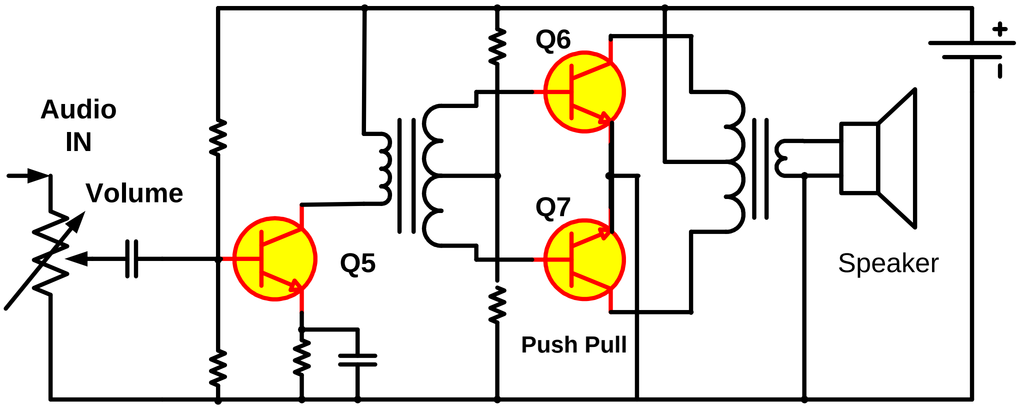
شكل (13 - 4) يبين موجة راديوية محملة 455KHz خارجة من اخر مرحلة IF والرسم الثاني يبين شكلها بعد خروجها من دايود الكشف (دائرة AM) قبل المرشح (المتسعة)



الشكل (14 - 4) يبين دائرة المميز (Discriminator) لكشف الاشارة الصوتية في دوائر الاستقبال (FM) .

المكبر الصوتي Audio Amplifier

الاشارة الصوتية الخارجة من مرحلة الكشف ضعيفة القدرة (لاتتجاوز 0.3V) وهي بطبيعة الحال غير كافية لتشغيل السماعة لذا يجب تكبير هذه الاشارة للوصول بها الى القدرة المطلوبة (1W واكثر) .
ومرحلة المكبر الصوتي تتكون عادة من مرحلة او مرحلتين تكبير اولية ثم يتبعها دائرة دفع وجذب Push- Pull وهذه الدائرة لها استطاعة عالية لتكبير القدرة اكثر مما لو استخدمت الترانسسترات لوحدها في مكبر اعتيادي .
في بداية الدائرة توجد مقاومة متغيرة Volume لتحديد مستوى الصوت وفي بعض الاجهزة الغالية توجد مؤثرات على الصوت مثل Bass ال Treble او Echo وغيرها .



شكل (15 - 4) مكبر صوتي من نوع دفع وجذب Push- Pull

الفوليوم لتحديد مستوى الصوت Q5 مرحلة تكبير اولية و Q6 و Q7 ترانسستري مرحلة الدفع والجذب Push- Pull .

التحميل او التضمين Modulation

هو اجراء تتم بواسطته تغيير في خواص اشارة نسبة الى اشارة اخرى
وهو على انواع :

1- التحميل المستمر CW Continuous wave modulation

وفية يتم تغيير اشارة جيبية المقدار (Analog) في , الطور , اوالتردد او السعة نسبة الى اشارة اخرى مثل تحميل الطور PM , تحميل التردد FM , تحميل سعوي AM

2- التحميل النبضي Pulse Modulation

و فيه يتم تغيير سلسلة من النبضات الدورية الرقمية (Digital) في المقدار , العرض , الموقع , السعة او الزمن نسبة الى اشارة اخرى

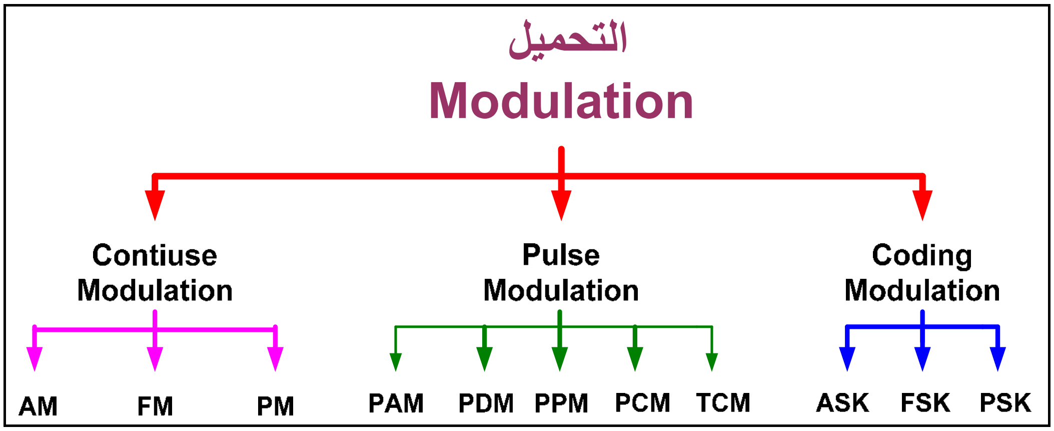
PAM, PDM / PWM, PCM, DM

3- التشفير Coding

وفيه يتم تغيير تماثلي (Analog) لاشارة رقمية (Digital) في السعة , التردد , الطور , PSK , FSK , ASK

4- قفل الطور الحلقي PLL Phase lock loop

نظام سيطرة الكترونية لتوليد اشارة لها علاقة ثابتة بطور الاشارة الاصلية (اشارة المرجع) .

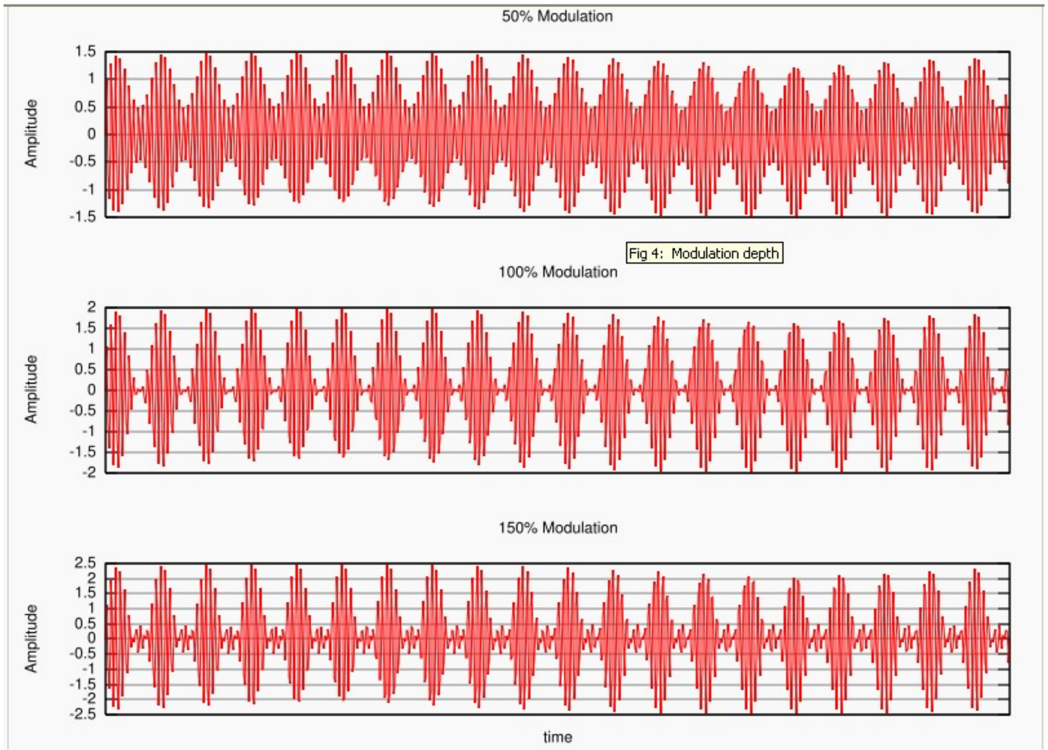

التحميل
Modulation
Contiuse Modulation
Pulse Modulation
Coding Modulation
AM
FM
PM
PAM
PDM
PPM
PCM
TCM
ASK
FSK
PSK

الشكل (4 – 16) مخطط كامل لانواع التحميل

1- التحميل المستمر CW Continuous wave modulation

تحميل السعة AM Amplitude Modulation

يتم التحميل السعوي بتغير سعة الموجة الراديوية الحاملة RF carrier بحسب تغيرات الموجة المحمولة (الصوتية) AF (audio frequency) ويكون ذلك بتغيير الفولتية المسلطة على مرحلة تكبير القدرة للتردد الراديوي غالبا وتتم بمحولة صوتية كما في الشكل (7 – 3) ويجب ان لاتتجاوز نسبة التحميل 100% لضمان عدم تشوه الاشارة المحمولة .

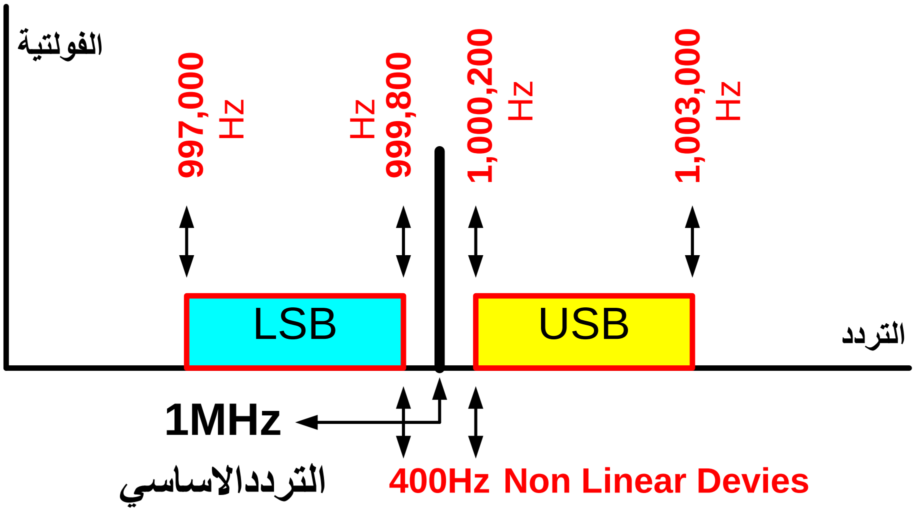


شكل (17- 4) تحميل سعوي بنسب 50 , 100 , 150 %

التحميل السعوي اول ما استخدم في الاتصالات اللاسلكية في بداياتها وهو اكثر الانواع شيوعا وتستخدمة المحطات الاذاعية لحد 30MHz وذلك لسهولته وسهولة مرحلة الكشف الخاص به الا انه يتاثر بالضوضاء والعوامل الجوية كالبرق والمجالات الكهربائية القوية (خطوط الضغط العالى لنقل الطاقة الكهربائية) ويستعمل ايضا لنقل اشارات الصورة والتزامن في اجهزة التلفزيون . تردد الموجة الحاملة ثابت ويكون التغير في السعة فقط .

تحميل نصف الموجة المنفرد السعوي Single side band SSB

في التحميل السعوي لاجهزة الاتصالات مثلا تكون عرض الحزمة الراديوية المرسلة 6 KHz اي ± 3 KHz من التردد الرئيسي فاذا كان التردد الرئيسي 1MHz فهناك تردين الاول 1,003,000 والثاني 997,000 MHz والفرق بينهما 6KHz يمثل عرض الحزمة وتتوزع طاقة المرسلة على هذه الحزمة فلو امكنا ان نأخذ جزء واحد من الاثنين لامكننا ان نخفض طاقة المرسلة الى النصف وان تبقى طاقة الموجة المرسلة على ماهي علية او اذا بقيت القدرة الاصلية نفسها فان طاقة الموجة المرسلة ستتضاعف مما يؤدي الى زيادة المدى بشكل كبير, الجزء الاعلى ترددا من الجزئين يسمى الجزء الاعلى الموجي Upper Side Band **USB** والجزء الاوطأ من التردد يسمى الجزء الاوطأ الموجي Lower Side Band **LSB** ولا تتاثر الموجة المحمولة (الموجة الصوتية مثلا) بهذا التقسيم وتبقى على كافة تفاصيلها . والشكل التالي يوضح ذلك :



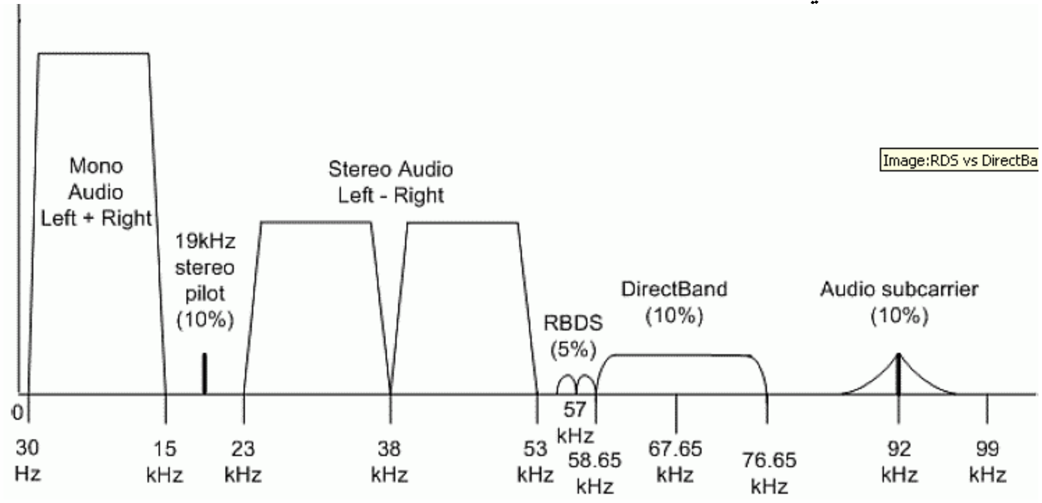
شكل (4 – 18) يبين حزمتي USB و LSB

فاذ خذف الجزء السفلي LSB واخذ الجزء العلوي سمي البث USB وبالعكس ويتم الحذف بواسطة مرشحات حثية سعوية فعالة او بواسطة بلورات الكوارتز ويستفاد من هذا النظام في مضاعفة عدد القنوات المستخدمة في حيز موجي معين فمثلا اذا كانت هناك 10 محطات تبث في مدى 60Kz اي لكل قناة 6Kz فبهذا النظام نستطيع ان نبث 20 محطة بعرض 3Kz لكل محطة كذلك تخفيض قدرة المرسلة الى النصف مع بقاء قدرة الاشارة على ماهي عليه وتستخدم هذه الطريقة في نظام FM للاتصالات البعيدة ايضا .

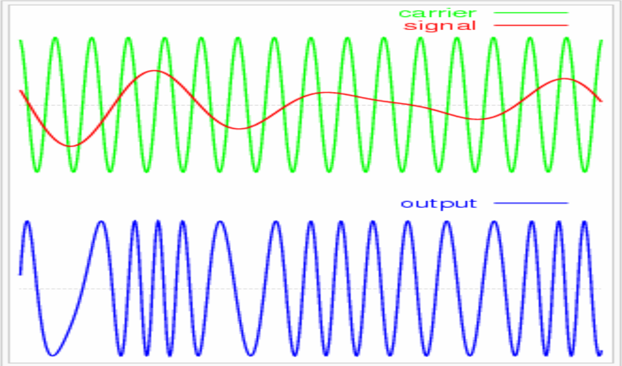
تحميل التردد FM

يتم التحميل الترددي بتغير تردد الموجة الراديوية الحاملة RF carrier بحسب تغيرات الموجة المحمولة (الصوتية) AF audio frequency ويكون ذلك بتغيير فولتية الانحياز لقاعدة ترانسستر المذبذب oscillator الشكل (8- 3) ضمن حدود معينة لاتتجاوز ± 3KHz في اجهزة الاتصال المحمولة و 15kHz في الاذاعات الاعتيادية و 38KHz في اذاعات FM الستريو. سعة الموجة الحاملة ثابتة والتغير في التردد فقط .

يستعمل النظام ايضا لارسال الصوت في اجهزة التلفزيون , ولايستعمل في HF ويكون استعماله في VHF وما فوق ولا يتأثر النظام بالمؤثرات الجوية الطبيعية ولابالمجالات الكهربائية ولابالتشويش وهو المفضل باتصالات المعلومات (Link) والانترنيت وغيرها . اكتشف هذا النظام عام 1935 المهندس الامريكي ارمستورنك .



الشكل (19- 4) مخطط يبين عرض الحزم الترددية المستعملة في FM

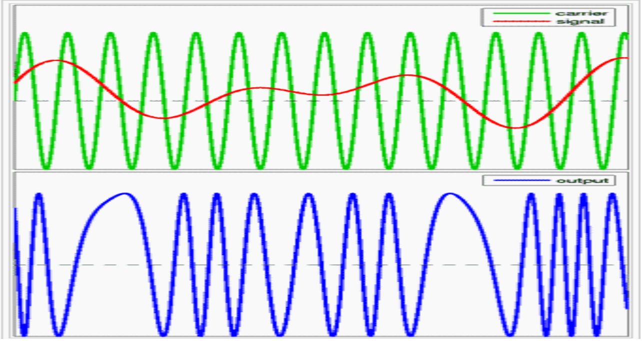


الشكل (20 – 4) يبين تغير تردد الموجة الحاملة بحسب تغير الموجة الصوتية (المحمولة)

تحميل الوجه PM

يتم التحميل بهذا النظام بتغيير الطور phase للموجة الحاملة بحسب تغييرات الموجة المحمولة (الصوتية مثلا) ويكون التغير اما 0° او 180° وهو من الانظمة المعقدة والتي تحتاج الى دوائر الكترونية متعددة يمكن ان تسبب بعض المشاكل في اجهزة الاستقبال وهو قليل الاستعمال في الوقت الحاضر .

سعة الموجة الحاملة ثابت ويكون التغيير في الطور فقط .



الشكل (21 – 4) يبين تغير طور الموجة الحاملة (Carrier) بتغير الموجة المحمولة (الصوتية مثلا) .

2- التحميل النبضي Pulse Modulation

التحميل النبضي يستخدم لتحميل النبضات الدورية الرقمية Digital بعد تحويلها من تماثلية الى رقمية A/D Analog to Digital .

تحميل النبضة السعوي PAM Pulse – Amplitude Modulation

اسهل وابسط انواع التحميل العددي ويتم التحميل بتوليد نبضات من الموجة الحاملة (Carrier) بعرض ثابت وسعة متغيرة تعتمد على الموجة المحملة (الصوتية مثلا) و يتم التحميل هنا على مقدار الموجة حيث تشبه الاشارة الخارجة من عملية التقطيع (Sampler) حيث يتم تقطيع الاشارة بمعدل ($Fs \geq 2 fmax$) و يتم ضرب الاشارة بدالة $g(t)$ و هي دالة عبارة عن سلسلة من النبضات المربعة . الشكل (3 – 15)

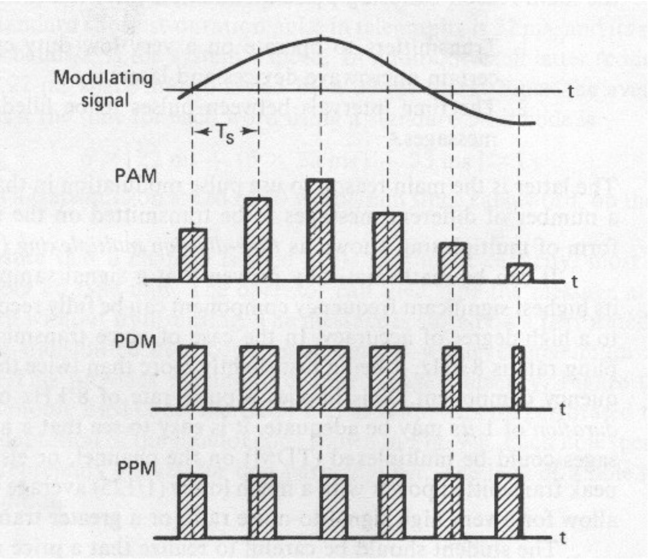
تحميل النبضة العرضي PDM / PTM / PWM / PLM

Pulse – Duration / Time / Width / Length Modulation

مسميات واحدة لنوع واحد من التحميل و هو قليل الاستخدام في نظام الاتصالات الان و المبدأ هنا هوتحميل العرض للنبضات بدلا من ارتفاعها حيث اكبر قيمة من الدالة (الاشارة) يمثل عرض النبضة و هذا النوع من التضمين يستخدم في الكترونيات القدرة اكثر من الاتصالات ويتم بتوليد نبضات رقمية مختلفة العرض من الموجة الحاملة (Carrier) وبسعة ثابتة معتمدة في عرضها على التغير في الموجة المحملة (الصوتية مثلا). الشكل (15 – 3)

تحميل النبضة الموقعي PPM Pulse - Position Modulation

موقع النبضات المتولدة ضمن الفترة Ts تتغير حسب مستوى الاشارة X(t) هذا ايضا قليل الاستخدام في نظام الاتصالات حاليا والمبدا هنا توليد نبضات رقمية من الموجة الحاملة (Carrier) بعرض ثابت (زمن واحد لكل النبضات) وسعة ثابتة لكنها تختلف في مواقعها بالنسبة لتغيرات الموجة المحملة (الموجة الصوتية مثلا) الشكل (15 – 3)



الشكل (22 – 4) يوضح الشكل و الفرق بين PAM , PDM , PPM

التحميل التشفيري النبضي PCM Pulse - Code Modulation

و هذا النوع واسع الاستعمال في الارسال الرقمي حيث يتم تقطيع الاشارة كما في [PAM] ثم يتم ادخالها على [Analog to Digital Converter] [ADC] تحويل من تماثلي الى رقمي ثم يتم ارسالها عبر (Channel) و عند الاستلام يتم تحويلها من رقمي الى تماثلي [DAC]

التحميل التشفيري الشعري TCM Trellis – Code Modulation

من احدث انواع التحميل اكتشفه Gottfried Ungerboeck عام 1980 ويستخدم في الاتصالات بصورة واسعة الان وخصوصا بالتليفونات والمودم ولارسال المعلومات بكفاءة وحجم كبيرين فوق حدود القنوات كما في التليفونات

3 - التشفير Coding

وفيه يتم تغيير تماثلي (Analog) لاشارة رقمية (Digital)
هناك انواع من التحميل الخاص بهذا النوع و هي :

مفتاح الانحراف السعوي ASK Amplitude Shift Keying

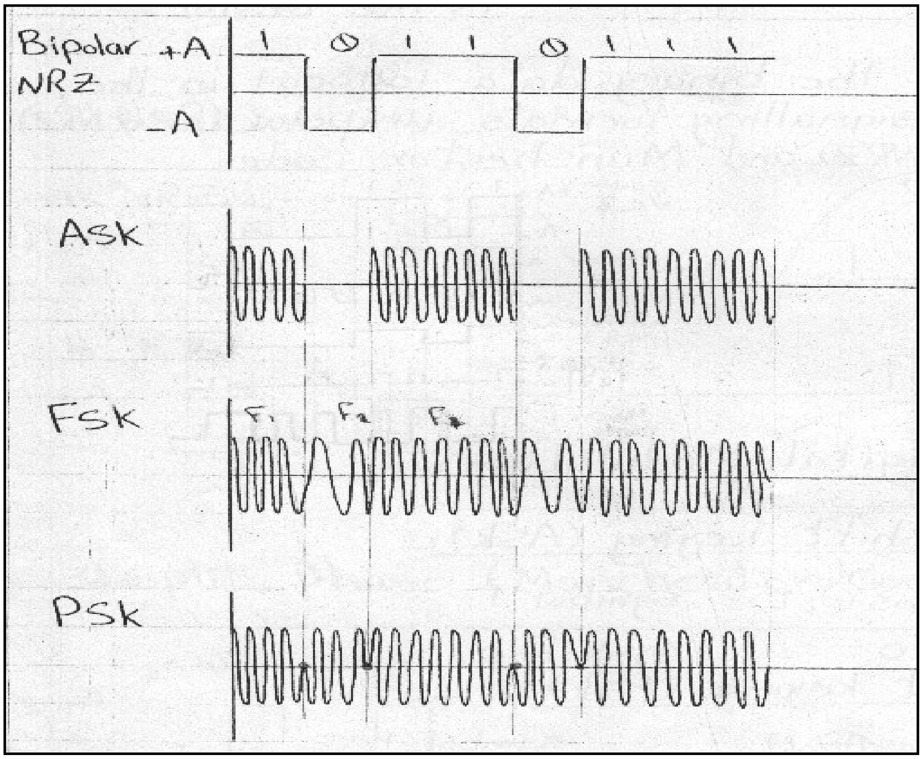
و في هذا النوع الاشارة الرقمية 1(بقيمة معينة) تحول الى تردد تماثلي ثابت من الموجة الجيبية الحاملة (Carrier) والاشارة الرقمية 0 لاتحول فيها . وكما في الشكل (16 – 3)

مفتاح الانحراف الترددي FSK Frequency Shift Keying

و هو اعطاء كل اشارة رقمية من 0 او 1 قيمة معينة من التردد للموجة الحاملة تختلف عن الاخرى كما في الشكل (16 – 3) .

مفتاح انحراف الطور PSK Phase Shift Keying

و هو تمثيل كل اشارة رقمية من 1 او 0 بفرق طور يختلف بين الاثنين بالنسبة الى الموجة الحاملة (Carrier wave) كما في الشكل (16 – 3) .



الشكل (23 – 4) الشكل و الفرق بين ASK , FSK , PSK

فوائد التحميل الرقمي Digital Modulation

1- لاعطاء مقاومة اعلى لضوضاء القناة والتشوه .
2- يمكن استخدام الاجزاء المادية الرقمية بشكل اكثر مرونة (مثل المعالج الدقيق و المفاتيح الرقمية) .
3- يمكن تشفيره لكي يتم ارسال الاشارة بدون ضوضاء .
4- عمل ال multiplex للاشارة الرقمية بسهوله.
5- يمكن استخدام (مكررات اعادة بث الاشارة repeaters) بمرونة اكبر ولمسافات ابعد مما في المكررات التماثلية .

4- قفل الطور الحلقي PLL Phase lock loop

هو نظام سيطرة الكترونية واسع الاستخدام لتوليد ترددات لها علاقة ثابته مع طور(Phase) اشارة تعتبر مرجعا (Reference) . دوائر PLL تستجيب لكل من التردد والطور للاشارة الداخلة اوتوماتيكيا صعودا او هبوطا بالتردد المتولد حتى توافق الطور والاشارة الاصلية , وتعتبر مثالا جيدا لنظام سيطرة يستخدم التغذية الخلفية العكسية السالبة (Negative Feedback) .

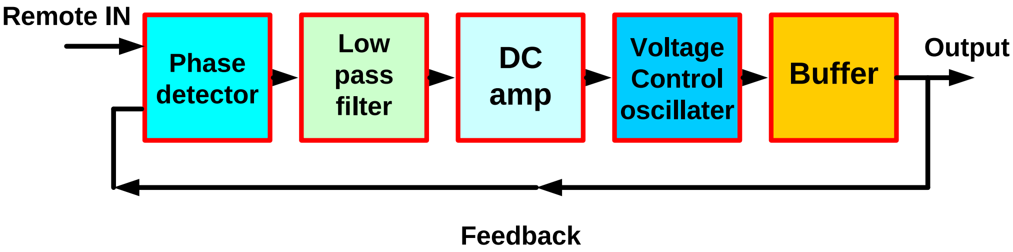
له استخدامات واسعة في التطبيقات الصناعية ونظم السيطرة والسيطرة على سرع المحركات الكهربائية حيث بامكان النظام تغيير السرع او تثبيتها حسب الحاجة .

يتكون ال PLL من كاشف الطور Phase detector حيث يقوم بكشف اي فرق في التردد او الطور لتوليد اشارة DC level تدخل الى ال Low pass filter الذي يليه لترشيح وتمرير هذه الاشارة التي عادة تكون ضعيفة ويتم تكبيرها بواسطة ال DC Amp وهي المرحلة التي تلي الفلتر وهذه المرحلة هي التي تسيطر على الذبذبة المتولدة في ال voltage control oscillator (Vco) هي المرحلة التي تلي ال DC amp , ثم تاتي المرحلة النهائية ال buffer وهي ضرورية لمنع تاثر ال Vco بالاحمال المربوطة عند الخروج (output) .

فاذا كان هناك فرق في التردد او الطور بين الاشارة المتولدة والداخلة فسوف تتولد اشارة خطأ (error signal) من مخرج كاشف الطور وهذه الاشارة الخطأ تغذي ال VCO عن طريق الفلتر من نوع low pass filter ومكبر ال DC (DC Amp) لتوليد فولتية لتصحيح الخطأ المتولد .

PLL يستخدم بشكل واسع في اجهزة الاتصالات ويستخدم ايضا للحصول على تقسيمات عشرية من الترددات المولدة بواسطة بلورة الكوارتز والتي يكون ترددها عادة تردد واحد ثابت (يمكن اخذ التوافقية الاولى والثانية والثالثة من البلورة ولكن لايمكن الحصول على تقسيمات عشرية منها بالطرق التقليدية) .

ويستخدم كذلك في تشكيل اشارة شبيهة بالاشارة الاصلية وبدون ضوضاء في بعض اجهزة الاستقبال, فأذا كانت الاشارة الداخلة FM فان الVCO (voltage control oscillator) يتبع الانحراف في التردد المتسبب بواسطة التحميل, والاشارة الخارجة ال DC لمكبر ال DC تتضمن اشارة الصوت ويستعمل لمضاعفة او تقسيم الترددات ويستخدم في اجهزة AM و FM و PM .


Remote IN
Phase detector
Low pass filter
DC amp
Voltage Control oscillater
Buffer
Output
Feedback

مخطط كتلي PLL

شكل (24 – 4) مخطط كتلي لدائرة PLL

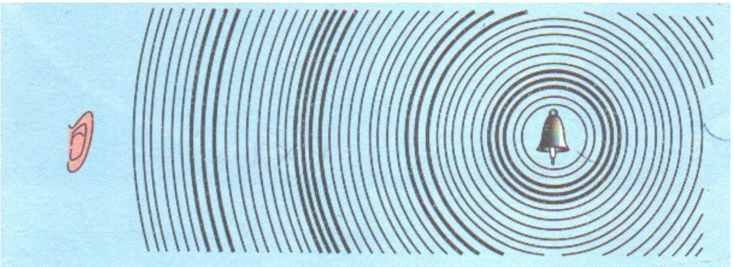
الفصل الخامس

الصوت والمايكروفونات والصمامات الالكترونية

طبيعة الصوت

الصوت عبارة عن سلسلة من التضغطات والتخلخلات تنتقل في الاوساط المادية التي تصل الاذن وتتحسس بها .

فالموجات الصوتية التي يولدها الجسم المهتز في الهواء هي سلسلة من التغييرات في ضغط الهواء التي تسببها حركة جسيماته المهتزة عن موضع استقرارها فتولد الاحساس بالصوت بواسطة الاذن .



شكل (1 – 5) الموجات الصوتية سلسلة من التضاغطات والتخلخلات

الذبذبات التي تتحسسها الاذن البشرية في الثانية الواحدة تتراوح بين (20 – 20000) هيرتز عند الاطفال واليافعين ويقل مدى هذه الذبذبات بتقدم العمر نتيجة لقلة الاستجابة للاذن البشرية .

يتطلب توليد الصوت وانتشاره مصدرا مهتزا يولده ووسط مادي ينقله ولذا فان سرعة الصوت تعتمد على طبيعة الوسط الذي ينتقل فيه , فسرعته في الجوامد يكون اكبر من سرعته في السوائل وفي السوائل اكبر مما في الغازات فسرعة الصوت في الحديد في صفر مئوي (5100 متر/ ثانية) وفي الماء (1540 متر/ ثانية) وفي الهواء (331,5 متر/ ثانية) وعموما ان سرعة الصوت في اغلب المعادن تتراوح بين (4000 – 6000 متر/ ثانية) . اما في الغازات فيتوقف على نوع الغاز ودرجة حرارته .

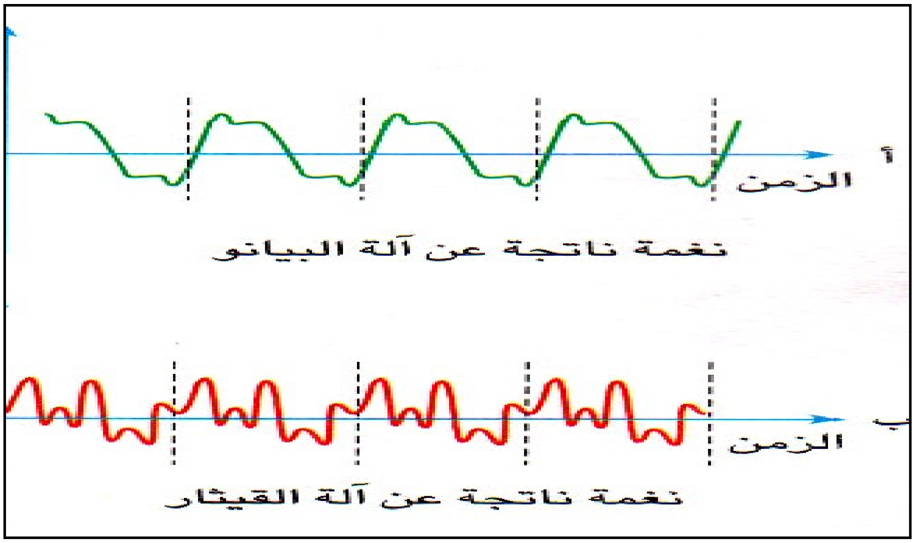
خصائص الصوت

تختلف الاصوات بعضها عن بعض بخصائص اساسية ثلاثة :

1- **علو الصوت : ويمكن للاذن تحسسها والتمييز بين صوت واخر فلشدة الصوت تاثير في الاذن تعطينا الاحساس بعلو الصوت او خفوته فالاصوات التي نسمعها قد تكون عالية كصوت الرعد او دوي المدافع وقد تكون خافتة كالهمس .**

2- **درجة الصوت : تردد الصوت له تاثيرا في الاذن يسمى الدرجة فدرجة صوت المراة اعلى من درجة صوت الرجل وبالمفهوم الدارج ارفع منه ويعني ان تردده اعلى من تردد صوت الرجل .**

3- **نوع الصوت : تتمكن الاذن من تمييز بعض الاصوات الصادرة من الالات الموسيقية المختلفة فهي تميز صوت الكمان عن صوت العود حتى عند تساويهما بالشدة والتردد اي (بعلو الصوت ودرجته) .**



شكل (2 – 5) اختلاف شكل الموجة باختلاف نوع مادة المصدر رغم انهما بتردد واحد

ملاحظات حول الصوت

يزداد علو الصوت بازدياد شدة الصوت عند ثبوت التردد .

تردد الموجة الصوتية ليس له علاقة بنوعية الصوت وبالعكس . فالشكل (2) يبين صوتين مختلفين بالنوعية (صوت قيثار وصوت بيانو) وان كان ترددهما واحد .

خاصية الصوت المتولد تتوقف علـــى نوع مادة المصدر وطريقة توليد الصوت والتوافقيات (التوافقية هي موجة مصاحبة للموجة االاصلية وتكون بضعف او ضعفي او ثلاث اضعاف التردد الاصلي)المرافقة للنغمة الاساسية وهذا الامر هو سبب اختلاف طبيعة اصوات الالات الموسيقية المختلفة عند نفس التردد .

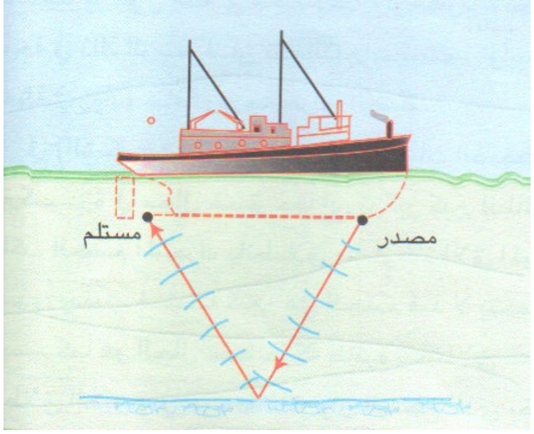
الموجات فوق الصوتية :

موجات ميكانيكية طويلة قصيرة الطول الموجي يزيد ترددها (20000هرتز)ولا تستطيع الأذن البشرية سماعها بينما يمكن سماعها من قبل بعض الحيوانات (مثل الكلاب والخيول والطيور وغيرها وهي تنتقل في الأوساط المادية بسرعة الصوت في تلك الأوساط) .
وبما ان طبيعتها مماثلة لطبيعة موجات الصوت ولقصر طول موجتها (مقارنة مع طول موجة الصوت في الوسط نفسة) امكن استثمارها لتحقيق الكثير من الظواهر الموجية التي يتعذر تحقيقها بموجات الصوت
يمكن الحصول على الموجات فوق الصوتية من اهتزاز اجسام ذات ابعاد مناسبة يكون ترددها اكبر (20000 هرتز) وذلك بطرائق تقنية خاصة (بواسطة الاهتزازات المرنة لبلورة الكوارتزالتى تتجاوب مع اهتزازات المجال الكهربائي المتناوب بتردد يزيد عن 20000 هرتز) وهي حالة رنين ,فالموجات الصوتية تنتشر بحزم ضيقة يمكن توجيهها في اتجاهات معينة وتركيز طاقتها في تلك الحزمة وبذلك تكون شدتها عالية .

التطبيقات العملية للموجات فوق الصوتية :

1 - حساب اعماق البحار :

وذلك بارسال اشارة Pulse من الموجات فوق الصوتية من السفينة لفترة قصيرة من الزمن نحو قاع البحر وتستقبل الاشارة المنعكسة عنة بمستقبل خاص وبحساب زمن ذهاب واياب الموجة ومعرفة سرعة الموجات فوق الصوتية في ماء البحر يمكن معرفة مقدار العمق وتستخدم ايضا لرسم قيعان البحار وفي الغواصات وتستعمل هذه الطريقة كذلك في الكشف عن اسراب الاسماك ومناطق تجمعها تمهيدا لاصطيادها .



شكل (3 – 5) يبين طريقة ارسال موجات صوتية من المصدر وانعكاسها من قعر البحر وارتدادها الى المستلم حيث يقوم الجهاز بحساب عمق القاع

2 - الكشف عن مواضع الصدوع والشقوق في المعادن.وذلك بوضع مصدر الموجات فوق الصوتية ملاصقا لاسطح المعدن المراد فحصة وتستقبل الحزمة المارة خلال المعدن من الجهة الاخرى المقابلة للمصدر ويقاس مقدار الامتصاص الحاصل في طاقة الموجة ويتم فحص جميع اجزاء القطعة . فاذا ظهر اختلاف في مقدار الامتصاص الحاصل للموجات فوق الصوتية النافذة من المعدن فهذا يدل على وجود ثقب او صدع ويمكن تحديد مكانة .

3 - في التعقيم والتفتيت والصقل .عند مرور الموجات الفوق الصوتية في سائل تزداد سرعة وتعجيل جسيمات الوسط المتذبذبة ونتيجة لذلك تحدث انقطاعات في اتصالات السائل تظهر وتختفي باستمرار.هذة الانقطاعات تمثل فقاعات بالغة الدقة .وعند اختفاء الانقطاع يحدث الارتفاع لحظي في الضغط يصل الى الاف المرات بقدر الضغط الجوي لذا تقوم بتفتيت ما يوجد في السائل من اجسام صلبة او كائنات حية او جزيئات وبهذه الطريقة ايضا يتم ازالة الدهون وطبقات الاكاسيد من سطوح الاجسام كتنظيف محركات السيارات المتسخة والمكائن وغيرها والتي لايمكن تنظيفها بالطرق العادية وتخريم الزجاج والسيراميك.

4 - في الطب .تستعمل الموجات فوق الصوتية للتدليك بامرارها على الجلد فتسبب اهتزازاتها السريعة تدليك العضلات كما تستعمل في العلاج لتدمير الخلايا السرطانية وتحطيم الحصى في الكلى والمرارة وان جهاز السونار يعد وسيلة فعالة لاستعمال الموجات فوق الصوتية للكشف عن وضع الجنين داخل الرحم وفي تشخيص امراض القلب وغيرها من الاورام دون التسبب باي اضرار للجنين او للبالغين كما عند استعمال الاشعة السينية (X- Ray) للغرض نفسه .

المايكروفونات

المايكروفون هو اداة لتحويل الموجات الصوتية المسموعة الى اهتزازات ميكانيكية ومن ثم تحويلها الى ترددات كهربائية مشابهة للصوت الاصلي .
تستخدم المايكروفونات على نطاق واسع في اجهزة الاتصالات ومكبرات الصوت واجهزة التسجيل وغيرها .
الاشارة الكهربائية الخارجة من المايكروفون تكون في العادة ضعيفة حوالي من 0.01 الى 0.3 ملي فولت وتعتمد على نوع المايكروفون وهي بوضعها هذا لايمكن الاستفادة منها الا بعد تكبيرها بواسطة مكبرات سمعية .

انواع المايكروفونات

1 - المايكروفون الكاربوني Carbon microphone

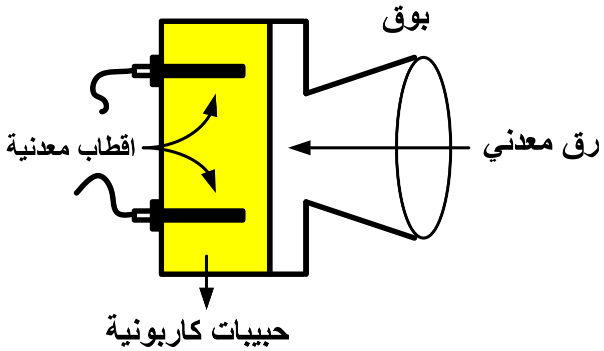
وهو اول المايكروفونات المكتشفة يتكون من وعاء عازل يحوي على حبيبات كاربونية وفي داخل الوعاء قضيبين معدنيين , ويثبت في الجهة العلوية التي تقابل المتكلم رق معدني يسمح له تركيبته بالاهتزاز تبعا للموجة الصوتية فيحدث تضاغط وتخلخل للحبيبات الكاربونية تبعا لانبعاج الرق المعدني وهذا ممايغير المقاومة الداخلية لحبيبات الكاربون وحسب الصوت وتتراوح مقاومة حبيبات الكاربون من 200 الى 1000 اوم وتيار التشغيل من 5 الى 40 ملي امبير ويحتاج المايكروفون الى فرق جهد من 4 الى 8 فولت للاشتغال وحسب النوع المستعمل .

RADIOPHONE
WBZ

شكل (4 – 5) انواع من المايكروفونات الكاربونية

مميزاته :

1 - الامانة في نقل الاصوات بدون تشويه باستثناء احداثه ازيزا مستمرا في دائرة الاخراج بسب تغير مقاومات الحبيبات الكاربونية .
2 - حساسيته العالية حيث تسبب الضغوط الميكانيكية البسيطة عل الرق الداخلي نتيجة للصوت الى ضغوطا كهربائية كبيرة على طرفيه .
3 - رخص ثمنه وقوة احتماله وخفة وزنه .
4 - لايحتاج الى محولات ربط بالمكبرات ويمكن توصيله مباشرة .



شكل (5 – 5) مايكروفون كاربوني

عيوبه :

1 - استجابته للاهتزازات الميكانيكية التي يتعرض لها .
2 - تلاصق حبيباته الكاربونية اذا لم يستعمل لفترة طويلة .
3 - حساسيته عالية للصوت البشري ولكنه لايستجيب جيدا للترددات العالية كالموسيقى مثلا .
4 - احتياجه الى مصدر تغذية للاشتغال

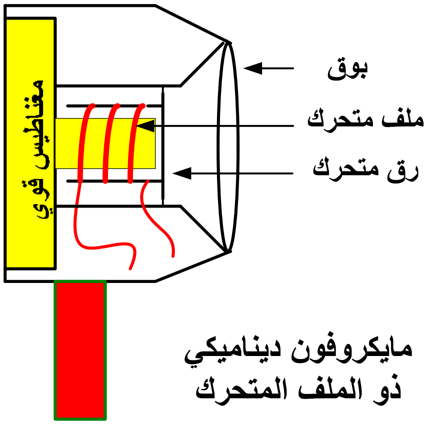
استعمالاته :

يستخدم على نطاق واسع في التليفونات والاجهزة اللاسلكية المترتبطة بالمحطات

2 - المايكروفون الديناميكي dynamic microphone

يتكون هذا المايكروفون من مغناطيس دائم وملف متحرك داخل المجال المغناطيسي وهذا الملف مثبت في مركز رق مصنوع من مايكا او من ورق خاص وتتوقف نظرية تشغيله على الحقيقة القائلة انه اذا تحرك ملف داخل مجال مغناطيسي فانه تتولد بالملف قوة دافعة كهربائية على طرفيه مشابهة للصوت الاصلي . هذا المايكروفون يشبه سماعة الراديو الى حد كبير , بحيث يمكن استعمال سماعة الراديو الى مايكروفون ديناميكي كما في اجهزة الانتركم

المستعملة في المكاتب وبعض اجهزة التسجيل التجارية تستعمل السماعة كمايكروفون وسماعة .


بوق
ملف متحرك
رق متحرك
مغناطيس قوي
مايكروفون ديناميكي
ذو الملف المتحرك

شكل (6 – 5) مايكروفون ديناميكي

ميزات المايكروفون الديناميكي :

1 - يمتاز بحساسيته العالية للترددات المنخفضة .
2 - صغر الحجم وخفة الوزن .
3 - لايتاثر بالحرارة والرطوبة والاحوال الجوية السيئة .
4 - لايحتاج الى مصدر تغذية للاشتغال .

عيوب المايكروفون الديناميكي :

1 - يحتاج لمحولة رفع بنسبة عالية .
2 - مرتفع الثمن بالنسبة لبقية المايكروفونات .

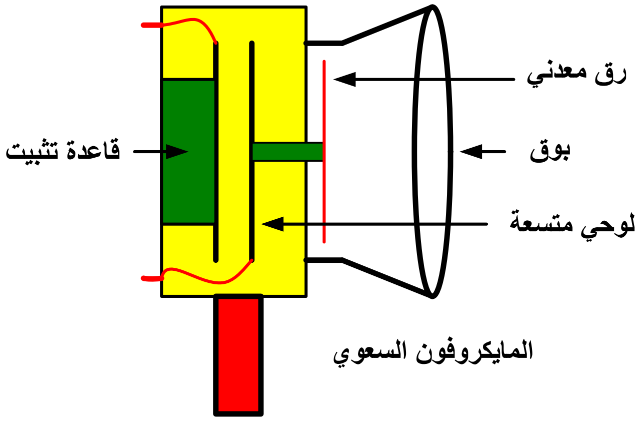
شكل (7 – 5) انواع من المايكروفون الديناميكي

الاستعمالات :

يستعمل في استوديوهات الاذاعة والتسجيل واجهزة الاتصالات وبعض التليفونات.

3 - المايكروفون السعوي او ذو المكثف Condenser microphone

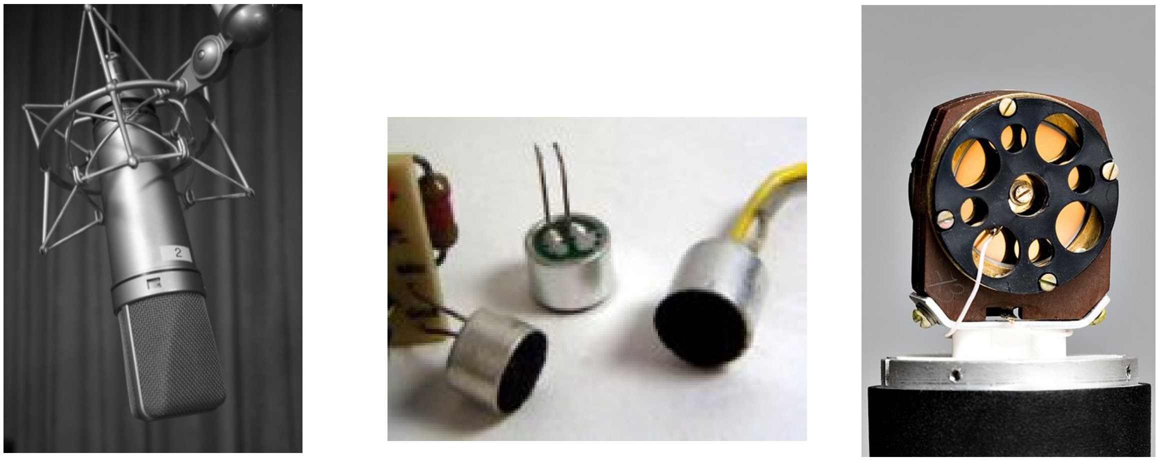
يتكون هذا الميكرفون من مكثف متغير لة تركيب خاص , لوحة الثابت مصنوع من المعدن و لوحة المتحرك من الألمنيوم المرن و تتوقف نظرية تشغيلة على التغير السعوي الذي يتبع تغير المسافة بين لوحي المكثف حيث ان سعة المكثف تتناسب عكسيا مع المسافة بين اللوحين اي انه اذا زادت المسافة بين اللوحين قلت السعة



شكل (8 – 5) المايكروفون السعوي (ذو المكثف)

وعمليا تكون المسافة بين لوحي المكثف في هذا الميكروفون حوالي جزء من الالف من البوصة .فعند اهتزاز اللوح اللوح المتحرك الذي يعتبر قرص الميكروفون تتغير السعة تبعا لشدة الصوت الحادث ونحصل على طرفي لمكثف على ضغط متغير يكافئ الاهتزازات الصوتية التى يتعرض لها الميكروفون نظرا لعدم حساسية هذا الميكروفون فانة لا يستخدم لعمليات الانتاج الصوتي العامة واقتصر استعمالة في اغراض الفحص والاختبار بالمعامل وباعتبار ان ضغط الاساس اللازم في حالة التشغيل يتراوح ما بين 100 الى 200 فولت عبر مقاومة توالي عالية القيمة.

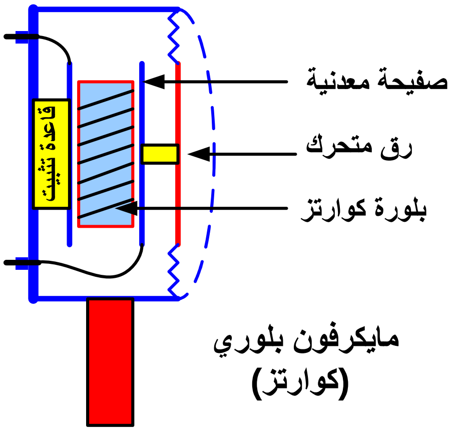
ويكون المايكروفون هو ووحدة تكبيره الاولية الخاصة بـة معا كوحده واحدة.وقد امكن حاليا انتاج ميكروفونات سعوية ذات حساسية عالية تكون ملحقة في واجهة اجهزة تسجيل الكاسيت الحديثة وان تكون فولتية اشتغالها بضعة فولتات فقط .



شكل (9 – 5) اشكال مختلفة من المايكروفون السعوي

4 - المايكروفون البلوري او الكريستال crystal microphone

وجد لبعض البلورات الطبيعية كاملاح روتشيل والكوارتز خواص كهربائية يمكن الاستفادة منها حيث انه بتعريض هذه البلورات للضغط الميكانيكي تتولد بها قوة دافعة كهربائية مكافئة للقدرة الميكانيكية الواقعة عليها . وعلى هذا الاساس تم صنع المايكروفون ذو البلورة الذي لايحتاج الى ضغط كهربائي او محولة رفع للتشغيل .



شكل (10– 5) مايكروفون بلوري

ويتركب هذا المايكروفون من النوع ذي الخلية **Cell** من شريحتين من البلورات مساحة كل منهما 1.5 ملمتر و سمك كل منهما حوالي 2 ملمتر تقريبا تثبت بحيث يتماس ظهر كل منهما مع الاخرى و يتصل مركز البلورة برق معدني مرن ينقل الاهتزازات الميكانيكية التي يتعرض لها الى البلورة التي تهتز مولدة ضغوطا كهربائية متغيرة تتناسب و شدة الصوت حيث تنتقل الى المكبر بالطريقة الاعتيادية مباشرة بدون الاستعانة باي محول كما ان ممناعته العالية تمكنه من توصيله الى قاعدة الترانسستر مباشرة .

شكل (11 – 5) انواع من المايكروفونات البلورية (الكوارتز)

مميزات المايكرفون البلوري :

1- حساسيته العالية و عدم وجوب توجيهه تجاه المتكلم او الالة الموسيقية .
2- لا يحتاج الى بطارية خارجية .
3- لا يتاثر كثيرا بالاهتزازات الميكانيكية الخارجية .
4- خفيف الوزن صغير الحجم .

عيوب المايكرفون البلوري :

1- تتاثر البلورات كثيرا بدرجات الحرارة المرتفعة و قد تتلف اذا زادت درجة حرارتها على 125 درجة لذا يجب ابعاده عن اي مؤثر يمكن ان يشع الحرارة اليه كالشمس والمصابيح الكهربائية القوية او كاوية اللحام اذا كان تحت التصليح مثلا .

2- يتأثر بالاحوال الجوية لاي كسر او شرخ بغلافه الخارجي نتيجة امتصاص البلورة لرطوبة الجو .

3- لا يسمح بدخول اي ضغوط كهربائية مهما كانت منخفضة على البلورات لان هذا يسبب تلفها و على ذلك يجب عدم اختبار طرفيه بواسطة الافوميتر في وضع قياس المقاومة كما يحدث في حالة اختبار الملف المتحرك بالميكرفون الديناميكي

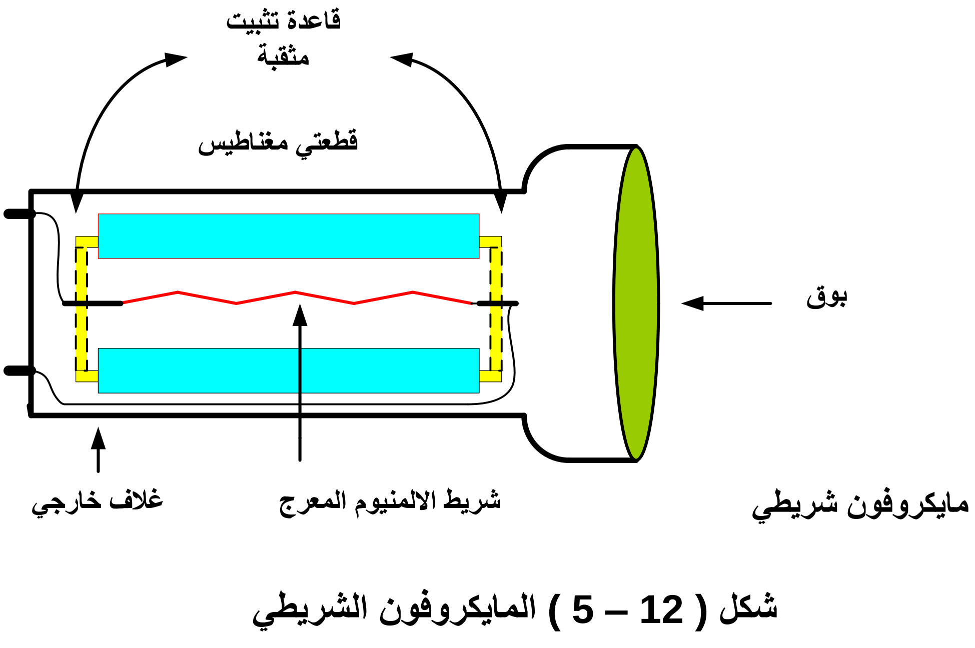
الاستعمالات :

شائع الاستعمال جدا باجهزة التسجيل الصوتي باستوديوهات الاذاعة و اجهزة التسجيل الصغيرة و كذلك مع اجهزة التكبير .

خامسا – المايكرفون الشريطي Ribbon mike

يعتبر هذا المايكرفون تحسينا للمايكرفون الديناميكي و قد سمي المايكرفون الشريطي بالنظر الى تركيبته حيث انه يتركب من شريط معرج رقيق جدا يتحرك بحرية داخل مجال مغناطيسي لمغناطيس قوي الى الامام او الخلف مع الحد من تحركه حركة جانبية و كما هو معروف اذا تحرك موصل داخل مجال مغناطيسي تولدت به قوة دافعة تاثيرية , اننا بتعريض الشريط للاهتزازات الهوائية الناتجة عن التموجات الصوتية نحصل من طرفيه على قوة دافعة كهربائية متغيرة صغيرة مكافئة للتموجات الصوتية ثم توصل الى محول رافع ثم الى المكبر كما في حالة المايكرفون الديناميكي .

والشريط في العادة من الالمنيوم طوله 1 انج و عرضه حوالي 0.1 انج و سمكه 0.00003 انج و يحتاج الى محول رافع للممانعة لموائمة ممانعة المايكرفون المنخفضة جدا مع ممانعة المكبر العالية .



شكل (12 – 5) المايكروفون الشريطي

مميزات مايكرفون الشريط :

1- يمتاز بحساسية نسبية و استجابة مرضية للتردد .

2- لا يحتاج الى مصدر قدرة خارجي .

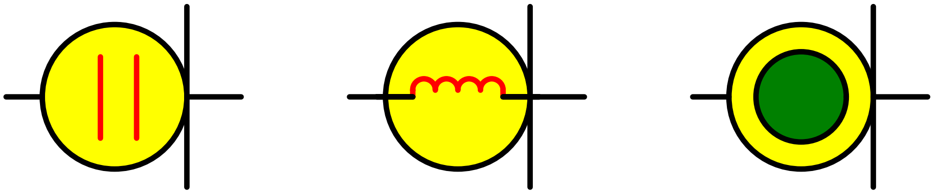
عيوب مايكرفون الشريط :

1- اتجاهي اي انه لا يستجيب الى للتموجات الصوتية التي تنتشر امامه مباشرة .

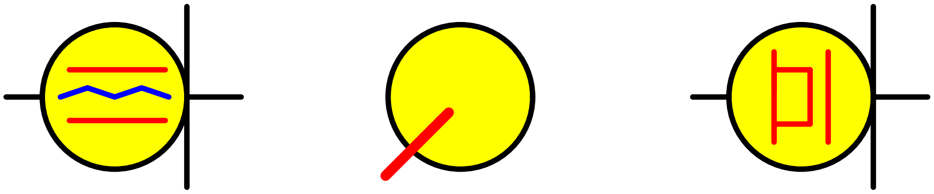
2- القوة الدافعة الكهربائية المستنتجة منه قليلة نسبيا و على هذا فانه يحتاج الى مراحل تكبير اولية متعددة .

استعمالاته : يستعمل بالاذاعة و استوديوهات السينما و بعض الاغراض العلمية .

شكل (13 – 5) مايكروفون شريطي



مايكروفون كاربوني — مايكروفون ديناميكي — مايكروفون المكثف



مايكروفون بلوري — مايكروفون لاقط اسطوانات — مايكروفون الشريطي

شكل (14 – 5) الرموز الهندسية للمايكروفونات

الصمامات الالكترونية Vacuum tube

اكتشف المخترع الامريكي توماس اديسون اول صمام الكتروني مفرغ ,لكنه لم يقدر اهمية اكتشافه في بداية الثمانينات من القرن التاسع عشر عندما اضاف اديسون قطبا اضافيا للمصباح الكهربائي , ولاحظ مرور تيار كهربائي بين شعيرة المصباح والقطب الاضافي اذا كان موجب الشحنة . واصبحت هذه الظاهرة تعرف بتأثير اديسون ولم يتمكن اديسون من معرفة السبب والاستفادة من هذا الاكتشاف في حينه والذي كان في الواقع هو الصمام الثنائي المفرغ .

بدأ العالم البريطاني جون فلمنك في اجراء التجارب على تأثير اديسون وقادته تجاربه الى تطوير الصمام الثنائي عام 1904 م ليستخدمه في التقاط اشارات الراديو الاسلكية وكان صمام فلمنك اول صمام راديو عملي يستخدم في جهاز المذياع .

في عام 1906 م سجل المخترع الامريكي لي دي فورست براءة اختراع صمام ثنائي القطب يشبه كثيرا صمام فلمنك واطلق عليه اسم اوديون او الصمام (الثرموايوني) وفي عام 1907 م سجل دي فورست صماما ثرموايوني اخر ذا سلك متعرج يصل بين القطبين الاخرين وكان هذا اول صمام ثلاثي .

يعتبر لي دي فورست رائد الصممات المفرغة باضافة العنصر الثالث (الشبكة) للصمام الثنائي وفتح بهذا الاكتشاف الابواب على مصراعيها للتقدم التكنولوجي الهائل وخصوصا في مجال الاتصالات حيث امكن تكبير الاشارات الراديوية الضعيفة المستلمة من مسافات بعيدة مما امكن زيادة مدى الارسال الى مديات كبيرة غطت الكرة الارضية باكملها .

وبدأ الفيزياوي الامريكي هارولد ارنولد عام 1912 م في اجراء تجاربه على الصمام الثرموايوني فغير في تصميمه الداخلي وقام بتفريغه من الهواء لاحداث فراغ جزئي داخل الصمام وفي عام 1914 م استخدم فورست الصمام الثرموايوني كمكبرا ضمن خط هاتفي بعيد المدى .

ومنذ عام 1912 م شارك العديد من المبتكرين في تطوير الصمام الثرموايوني ليستخدم كمذبذب . ومن بين هولاء كل من فورست ورائد الراديو الامريكي ادوين ارمسترونك وخلال الحرب العالمية الاولى (1914 - 1918 م) ابتكر والتر شوتكي وهو فيزياوي الماني صماما ذا اربع عناصر واستخدم البرت هل المهندس الامريكي هذا الابتكار في تطوير صمام رباعي عملي عام 1924 م وفي عام 1926 م ابتكر المهندس الهولندي بنجامين تليجين الصمام الخماسي .

انصرف الاهتمام عن الصمامات بعد اختراع الترانسستور في نهايات الاربعينات من القرن العشرين والدوائر المتكاملة في الستينات وحلت هذه المكونات الصلبة محل الصمامات بصورة كبيرة تكاد تكون كاملة .

الصمامات في الواقع تنقسم الى قسمين

1 - صمامات التسخين المباشر (Direct Heating) وفيها تسخن الفتيلة بواسطة تيار مستمر من 1.4 الى 8 فولت (الانواع الاولى القديمة للصمامات وللاجهزة المتنقلة والتي تشتغل على البطاريات ويكون استهلاكها للتيار قليل نسبيا) وتنبعث الالكترونات من الفتيلة مباشرلاة باتجاه الانود ويقابلها سريان تيار كهربائي من الانود الى الفتيلة التي تعتبر ككاثود .

2 - صمامات التسخين الغير المباشر (Indirect Heating) وفيها يسخن قطب اخر يحيط بالفتيلة يدعى المهبط ويتم التسخين بنوعي التيار الكهربائي (AC & DC) ويكون استهلاكها للتيار اكثر من النوع الاول . وهذا النوع اكثر حداثة من النوع الاول واكثر قدرة منه .

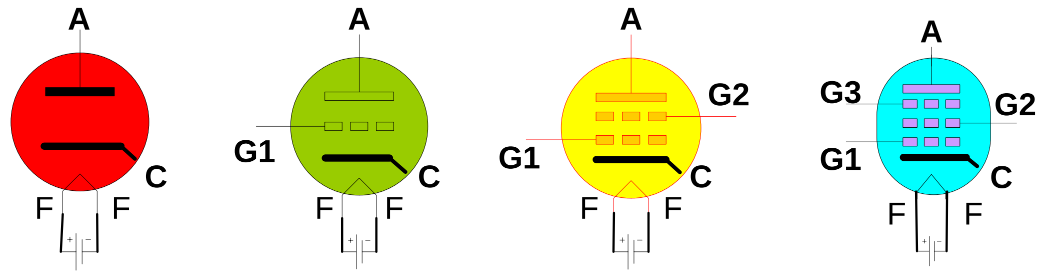
تحتاج الصمامات الى عدة فولتيات للاشتغال وحسب انواعها :
1 – من 90 فولت الى 500 فولت في الانواع الاعتيادية وتصل الى الاف الفولتات في صمامات الارسال ذات القدرة العالية للمصعد (Anode) وبتيار من عدة ملي امبيرات الى عشرات الامبيرات عند القدرات العالية في صمامات الارسال .

2 - من 1.4 فولت الى 100 فولت لتسخين الفتيلة وبتيار من اعشار الامبير وبضعة امبيرات في الصمامات الاعتيادية الى مئات الامبيرات في صمامات الارسال و لتقريب الفكرة فصمام الارسال RS1828 ذو قدرة اخراج 500KW يحتاج الى تيار لتسخين الفتيلة بحدود950 امبير و10 فولت وهذا التيار هو خمسة اضعاف ماتنتجه ماكنة لحام القوس الكهربائية (Wilding Arc) من تيار في حالة القطع وهي اعلى طاقة لها .

3 - من 70 فولت الى 250 فولت للصمامات الاعتيادية و بضع الاف الفولتات لصمامات الارسال للشبكة المعجلة G2 .

4 - من 0 فولت الى 70 - فولت (بالسالب) للشبكة الحاكمة G1 .

5 - من 0 فولت الى 50 فولت للمهبط (cathode) .



صمام ثنائي
Diode

صمام ثلاثي
Triode

صمام رباعي
Tutored

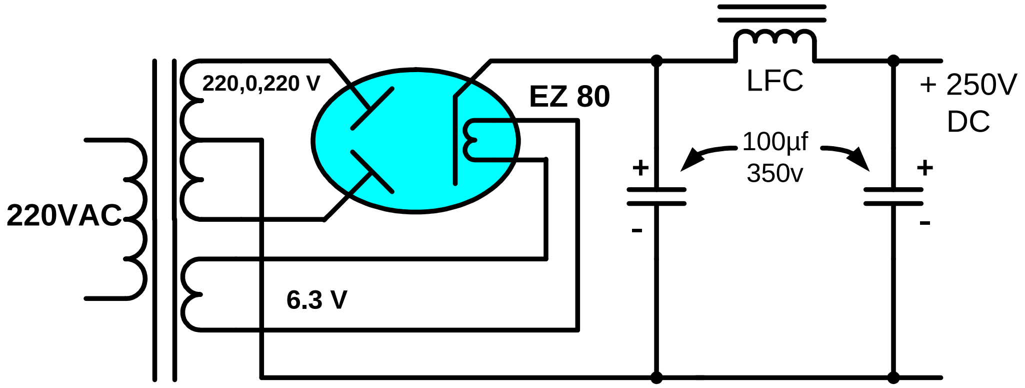
صمام خماسي
Pentode

شكل (5 – 15) بعض من انواع الصمامات الرئيسية

تركيب الصمام الالكتروني او المفرغ

1 - الصمام الثنائي (Diode)

هو ابسط انواع الصمامات يتكون من قطبين احدهما يدعى المصعد (**Anode**) والاخر يدعى المهبط (**Cathode**) ومن قطبين اخرين لايعتمدان في حساب الاقطاب لانهما موجودان في كل انواع الصمامات بغض النظر عن تسميتهما يسميان الفتيلة (**filament**) وتحيط بهذه المكونات بصيلة زجاجية مفرغة من الهواء ذات ارجل معدنية باعداد مختلفة وحسب نوع الصمام . وتكون بعض الصمامات ذات اغلفة معدنية وتكون خاصة بالاستخدامات الثقيلة والعسكرية وتكون مقاومة للصدمات وضد الكسر . (وقسم منها يحوي على غازات خاملة كالاركون وماشابه وقسم منها تحوي بخار الزئبق وهي صمامات ثنائية خاصة (**Rectifier**) .



شكل (5 – 16) مجهز قدرة موجة كاملة بصمام EZ80 ذو انودين

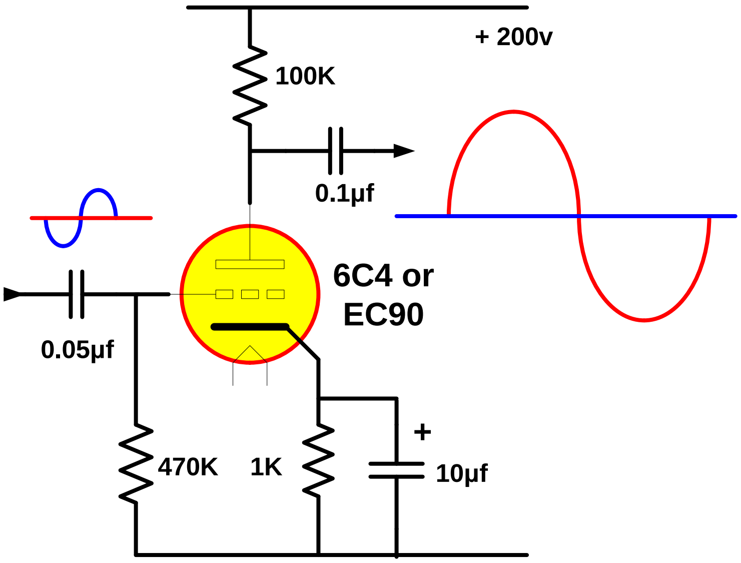
يستخدم الصمام الثنائي لغرض الكشف وتحويل التيار ال AC الى DC وتوجد انواع تحوي على انودين للغرض السابق للتحويل بطريقة الموجة الكاملة (full wave) كالصمام الامريكي 6X4 ويقابلة (نفس الصمام) الاوربي EZ90 .

2 - الصمام الثلاثي (Triode)

الصمام الثلاثي عبارة عن صمام ثنائي مضاف له قطب ثالث بين الانود والكاثود ويكون اقرب الى الكاثود ويدعى الشبكة الحاكمة (control grid) وترمز G , ويتم التحكم بكمية الالكترونات المنبعثة من الكاثود الى الانود بتغيير فولتية الشبكة الحاكمة بالفولتية السالبة وتكون عادة من (0 فولت الى مديات بالقيمة السالبة وحسب نوع الصمام) اكبر كمية من الالكترونات تمر من خلال الشبكة عندما تكون فولتيتها(0 فولت) وتقل كلما اصبحت الفولتية سالبة الى حد ينقطع فيه مرور الالكترونات وتسمى هذه الفولتية فولتية القطع وهو رقم خاص بكل صمام وحسب نوعه .
التغير القليل الذي يحدث في فولتية الشبكة يقابله تغير كبير في فولتية الانود نتيجة هبوط الفولتية على طرفي مقاومة الحمل RL في الانود نتيجة مرور تيار كهربائي من الانود الى الكاثود وهذا التغير يكون مشابها للتغير في فولتية الشبكة الحاكمة ويكون بعكس طور الاشارة بفرق (180) وهذا هو مبدأ التكبير عموما في الصمامات ومن النادر ان يكون الصمام الثلاثي وحيدا في تركيبته اذ يوضع مع صمام ثلاثي او رباعي او خماسي اوسداسي او سباعي اخر للاستفادة من حجم الفراغ واقطاب الصمام (الارجل) .
تركيبة الصمام عموما تتكون من انبوب معدني دائري او بيضوي بالنسبة للكاثود ويحيط بالفتيلة (filament) ويكون معزولا عنها ومغطى بطبقة من اوكسيد الباريوم الابيض اللون ويتم اشعاع الالكترونات منه عند تسخينه بواسطة الفتيلة هذا بالنسبة لصمامات التسخين الغير مباشر اما صمامات التسخين المباشر فيتم اشعاع الالكترونات مباشرة من الفتيلة لعدم وجود كاثود , وتوصل احد اطراف الفتيلة بالقطب السالب الارضي وتعامل معاملة الكاثود .
اما الشبكة الحاكمة فهي عبارة عن سلك معدني رفيع ملفوف بشكل نابض حلزوني حول الكاثود وقريب منه جدا , اما الانود فهو عبارة عن انبوب معدني دائري او بيضوي يحيط بالمجموعة السابقة وكلما كان الانود بعيداعن الكاثود كلما احتجنا الى فرق جهد اعلى بينهما (فولتية التشغيل) وكذلك كلما زاد حجمهما ازادت كمية التيار المارة في الصمام , وتثبت محتويات الصمام الداخلية على قطعتين دائريتين من المايكا الشفافة في الاعلى والاسفل والتي تستند على جسم

الصمام الزجاجي من الداخل . يعاني الصمام الثلاثي من سعته الداخلية الكبيرة نوعاما ولذا يجعله غير ملائم في التكبير للترددات العالية جدا اذ ينتج عنه تذبذب وصفير يعوق عملية التكبير .

يستعمل الصمام الثلاثي كمكبر اولي ومذبذب وغير ذلك من الاستعمالات مثل PC900 و 6C4 وتوجد صمامات تحتوي على صمامين ثلاثيين مثل ECC83 و PCC88 .



شكل (17– 5) مكبر صمام ثلاثي 6C4 ويلاحظ فرق الطور 180°

3- الصمام الرباعي (tutored)

يتكون من انود وكاثود وشبكة حاكمة كما في الصمام الثلاثي وتضاف شبكة ثانية لتقليل السعة الداخلية تسمى الشبكة المعجلة (Accelerator Grid) ويطلق عليها اختصارا G2 , فتصبح محتويات الصمام الرباعي الانود A والكاثود C والشبكة الحاكمة G1 والشبكة المعجلة G2 والفتيلة F . الشبكة المعجلة توضع بين الشبكة الحاكمة و الانود لتسريع حركة الالكترونات وسحبها نحو الانود وتكون فولتيتها موجبة بالنسبة للكاثود و اقل من فولتية الانود (حوالي 2/3 من فولتية الانود) .وتبرز مشكلة هي ان الشبكة المعجلة ستجذب بعض الالكترونات المنعكسة من الانود (الاشعاع الثانوي) مما يسبب تقليل تيار الانود وهذا يؤدي الى تقليل التكبير .

غالبية الصمامات تكون فولتية الفتيلة لها 6.3 فولت او 12.6 فولت واختيار هذه الارقام ليس مصادفة بل يمثل فولتية البطاريات الرصاصية المركم الرصاصي الخاص بالسيارات(قديما كانت فولتية البطارية 6 فولت وابدلت فيما بعد الى 12 فولت) وهذ لا يمنع من وجود صمامات تشتغل فتائلها على فولتيات اعلى واقل من الفولتيات السابقة .

يستخدم الصمام الرباعي كصمام قدرة في اجهزة الارسال عموما .

لكل صمام قاعدة خاصة به تعتمد على عدد ارجله فهناك قاعدة NOVAL ذي تسعة ارجل وهناك قاعدة REM LOCK ذات القفل الاطاري بثمانية ارجل OCTAL وال HEPTODE بسبعة ارجل وغيرها .

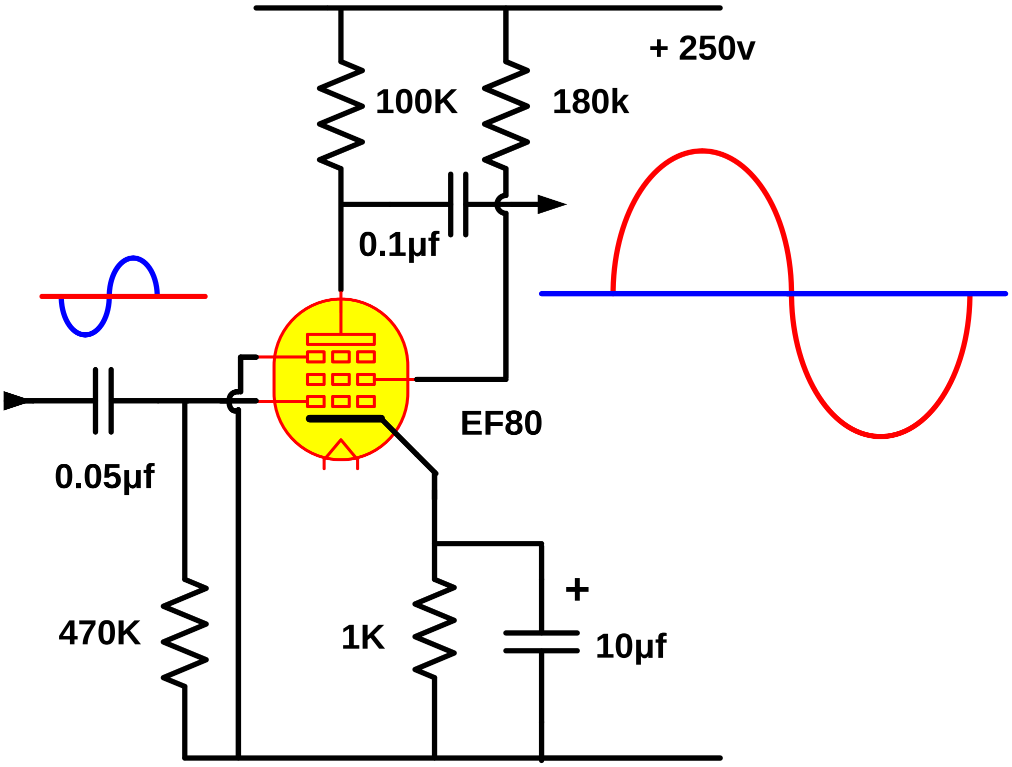
5 - الصمام الخماسي (pentode)

يتكون من الانود A والكاثود C وشبكة حاكمة G1 وشبكة معجلة G2 وفتيلة F كما في الصمام الرباعي تضاف له شبكة مانعة G3 وتدعى Suppressor grid توصل عادة بالارضي او الكاثود وتكون فولتيتها صفرا لارجاع الالكترونات المتطايرة من الانود اليه نتيجة لاصطدامها السريع به . يستخدم الصمام الخماسي للتكبير والاخراج والمزج وغالبية المكبرات سواء كانت الصوتية او الراديوية تستخدمة لقدرة اخراجه العالية ويستعمل كذلك في دوائر اخراج التردد الافقي في اجهزة التلفزيون (Line transformer) ويشتغل مع هذه الدوائر بفولتية انود تصل ال 1000 فولت ويكون الانود عبارة عن قطب معدني (قبعة) في اعلى الصمام وهذا الترتيب يستعمل في الصمامات التي تشتغل على فولتيات اعلى من 1000 فولت كالصمام 6DQ6 و PL36 .

وتوجد بعض الصمامات الخماسية قليلة القدرة (اقل من 10 واط) ملحق بها صمام ثلاثي مثل الصمام ECL82 و PCF80 .

يكون العمر التشغيلي للصمام حوالي 1000 ساعة (لصمامات القدرة خصوصا) الا ان هذا لايمنع وجود صمامات عمر طويل بنفس الارقام مثل الصمام E83CC وهو نفس الصمام الاعتيادي ECC83 وتستخدم صمامات العمر الطويل في الاجهزة الغالية الثمن والاجهزة العسكرية .

والصمام الالكتروني عادة لا يتأثر بالاشعاعات الذرية والتاين كما في الترانسستور والدوائر المتكاملة ولذا نرى ان المؤسسة العسكرية الروسية لا تزال تستخدم الصمامات وخصوصا في اجهزة الاتصالات الاستراتيجية خوفا من اي ضربة ذرية معادية غير متوقعة وتعطل وسائل الاتصال اذا كانت الاجهزة من نوع الترانسستور او الدوائر المتكاملة .



شكل (18– 5) دائرة تكبير صمام خماسي **EF80** ويلاحظ ان فولتية الشبكة الثالثة **G3** صفر فولت وفولتية الشبكة الثانية **G2** اقل من فولتية الانود .

6 - صمامات سداسية و سباعية وثمانية

HEXODE , HEPTODE S , OCTODE

تكون نفس محتويات الصمام الخماسي وبأضافة شبكات اخرى **G4** و **G5** و **G6**. وتستخدم عادة في دوائر المزج والفصل في الراديو والتلفزيون .

بعض الرموز المهمة للصمامات

من الممكن معرفة بعض خواص الصمام من الرقم الخاص به وخصوصا الارقام الاوربية اذ توجد شفرة تبين ذلك وسنتناول االمهم والرئيسي منها ,و توجد ايضا شفرات للصمامات الامريكية والروسية واليابانية والانكليزية العسكرية وتوجد بعض الشفرات لصمامات خاصة بشركات عملاقة لانتاج الصمامات مثل شركة مولارد وبريماراالانكليزيتين وشركتي **RCA** و **GE** الامريكيتين وشركة **TESLA** اليوغسلافية وشركة فيلبس الهولندية وشركة **NEC** و **MATSUSHETA** اليابانيتين و**OSRAM** الالمانية وغيرها .

المصطلحات الاوربية الرئيسة المهمة للصمامات :

فولتية الفتيلة	1.4V	=	D	اول حرف
فولتية الفتيلة	6.3V	=	E	=
تيار الفتيلة	300mA	=	P	=
تيار الفتيلة	100mA	=	U	=
صمام ثنائي كشف اشارة		=	A	ثاني حرف
صمام ثنائي يحوي كاشفين		=	B	=
صمام ثلاثي		=	C	=
صمام خماسي تكبير		=	F	=
صمام سداسي		=	K	=
صمام سباعي		=	H	=
صمام خماسي قدرة		=	L	=
صمام عين سحرية (مؤشر)		=	M	=
صمام ثنائي انود واحد قدرة		=	Y	=
صمام ثنائي انودين قدرة		=	Z	=
صمام بسبعة اقطاب		=	90 الى 99	الارقام بعد الحروف
صمام بثمانية اقطاب		=	40 الى 49	=
صمام بتسعة اقطاب		=	80 الى 89	=
صمامات عسكرية		=	CV	اول حرفين ويليهما رقم خاص مثل CV1638

لمعرفة الخواص العامة مثلا للصمام ECL82 من الجدول السابق نلاحظ ان
اول حرف E يشير الى فولتية الفتيلة 6.3V .
ثاني حرف C يشير الى ان يحوي صماما ثلاثيا .
ثالث حرف L يشير الى انه يحوي صماما خماسيا للقدرة (اخراج) .
رابعا الرقم 82 يشير انه ذو تسعة اقطاب ذو قاعدة NOVAL.
ذكر الرقم وسط الشفرة يشير الى ان الصمام ذو عمر طويل فالرقم السابق يعني ذلك اذا ذكر بهذه الصورة E82CL وبالطبع يكون اغلى ثمنا .

وهنالك بعض الصمامات بالارقام فقط مثل الصمام الرباعي 807 الخاص بالارسال والصمام 5869 الخماسي مكبر اولي وتوجد جداول خاصة لبدائل الصمامات كما هوالحال في الترانسستورات فالصمام الامريكي 6AQ5 يقابله الصمام الاوربي EL90 والصمام الاوربي ECC83 يقابله الصمام 12AX7 والصمام الياباني 25EA يقابلة الصمام الاوربي PL36 وهكذا و الصمامات ذات الترقيم الخاص (العسكرية) CV1753 مثلا لها جداول خاصة بها ..

الفصل السادس

الهوائيات

تعتبر الهوائيات الجسر الموصل بين جهازي الارسال والاستقبال وعن طريقها يتم بث الموجات الكهرومغناطيسيه الى الفضاء واستلامها .

الهوائي Antenna

عباره عن اداة لاشعاع الموجات الكهرومغناطيسيه بتحويلها من موجات كهربائيه من جهاز الارسال الى اهتزازات كهرومغناطيسيه تبث الى الفضاء اما الهوائي في جهاز الاستقبال فانه يقوم بتحويل الاهتزازات الكهرومغناطيسيه المستلمه الى ترددات كهربائيه .

الطول الموجي Wave length

الطول الفيزيائي للهوائي (نصف موجة مثلا) يكون اقل قليلا من نصف الطول الموجي الطبيعي لأن سرعة انتشار الموجة في المعادن هي اقل ب **5%** من سرعتها في الهواء او في الفراغ و سرعة انتشار الموجة في الكيبل المحوري هي اقل ايضا من سرعتها في المعادن فمثلا سرعة الموجة في كيبل نوع **RG-58 (velocity factor)** هو **0.66** من سرعة الضوء.
سرعة الموجة اللاسلكية في الفضاء او في الهواء هي **300 000 Km/s** و هي نفس سرعة الضوء .

العلاقة التي تربط الطول الموجي بالتردد : F = التردد , C = سرعة الضوء
λ = الطول الموجي

الطول الموجي في الفضاء
او في الهواء

$$\lambda 1 = \frac{C}{F} = \frac{300000000}{F}$$

الطول الموجي في المعدن
(معدن الهوائي)

$$\lambda 2 = \frac{0.95\,C}{F} = \frac{0.95 \times 300000000}{F}$$

الطول الموجي في كيبل
RG-58

$$\lambda 3 = \frac{0.66\,C}{F} = \frac{0.66 \times 300000000}{F}$$

الممانعة Impedance

الممانعة هي المعاوقة التي يبديها الموصل تجاه التيار المتناوب (سواء كان تيار كهربائي او اشارة راديوية) وتختلف باختلاف التردد ووحدتها الاوم . اما المقاومة فهي المعاوقة التي يبديها الموصل تجاه التيار المستمر وتكون ثابتة ولا علاقة لها بالتردد ووحدتها الاوم ايضا .

يجب ان تكون ممانعة جهاز الارسال و خطوط النقل (الكيبلات) و الهوائي متساوية . جهاز الارسال يصمم عادة بممانعة 50 اوم و كذلك ممانعة الكيبلات المستخدمة (توجد انواع اخرى ممانعتها مختلفة) و الهوائي , الهوائي الكفوء يجب ان تكون ممانعته 50 اوم لبث كامل الطاقة .

وتوجد بعض الانواع من دوائر (موائمة الممانعة) التي تستخدم لتحويل ممانعة الهوائي الى 50 اوم في حالة اختلافة عن هذه القيمة .

الموجة الواقفة و القدرة المنعكسة VSWR and Reflected Power

VSWR هو اشارة الى صفة موائمة الهوائي تختصر عادة الى SWR قيمة VSWR العالية تشير الى ان الاشارة التي ارسلت عبر الهوائي قد ارتدت (رجعت) و القدرة المرتدة هي طرق مختلفة للتعبير و لقياس نفس الشيء.

VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) التي قيمتها 2:1 او اقل تعتبر مقبولة والهوائيات التجارية تضبط لتكون النسبة 1.5:1 (الحالة المثالية 1:1) نسبة الى جهاز ارسال 100 Watt و 1.5:1 VSWR اي ما يعادل 96 Watt القدرة الامامية و 4 Watt للقدرة المرتدة او تعطى كنسبة مئوية 4.2 من القدرة الامامية .

عرض الحزمة Band Width

وهو مدى الترددات التي يكون عندها الهوائي فعالا وعادة يتم تصميم الهوائي عند منتصف تردد الرنين لاعطاء المجال للهوائي للاشتغال باقل واعلى من تردد الرنين ضمن الحزمة او المدى المصمم عليها وباقل SWR .

عرض الحزمة للهوائي يمكن زيادتها بعدة طرق منها استخدام عناصر هوائي اسمك او تحجيبها ليحاكي زيادة السمك بالعنصر , تقليل عدد عناصر الهوائي , جمع عدة هوائيات بهوائي واحد والسماح للممانعة الطبيعية لاختيار الهوائي الصحيح , الهوائي الصغير يفضل عادة لانه مناسب ولكن هناك حدود اساسية لعرض الحزمة هي الحجم والكفائة .

و يعبر عن عرض الحزمة عادة بدلالة النسبة المئوية لها و ذلك لأن النسبة المئوية لعرض الحزمة هي ثابتة نسبة الى التردد . اذ ان عرض الحزمة يعبر عنه بوحدات مطلقة للتردد مثال :
عرض الحزمة يختلف اعتمادا على التردد اذا كان مثلا 150 MHz او 450 MHz او 825 MHz .

و النسبة المئوية لل Band Width هي :

$$BW = 100 \times \frac{Fh - Fl}{Fc}$$

Fh = اعلى تردد في الحزمة

Fl = اقل تردد في الحزمة

Fc = التردد المركزي للحزمة $= \frac{Fh + Fl}{2}$

مثال إذا أردنا هوائي يعمل بتردد (حزمة) من (150 – 156MHz) فنحتاج الى هوائي يغطي على الاقل 3.9% من عرض الحزمة.

$$BW = 100 \times \frac{Fh - Fl}{Fc}$$

$$BW = 100 \times \frac{156 - 150}{153} = 3.9\ \%$$ عرض الحزمة

الديسبل Decibel

هو طريقة لوصف التحصيل (الكسب) او الفقد او قوة الاشارة في نظام الاتصالات او غيره . والعلاقة العامة لحساب القدرة بالديسبل .

$$dB = 10 \log \frac{\text{Power A}}{\text{Power B}}$$

A هو القدرة المجهزة الى الهوائي او الداخلة الى اي مكبر او المجهزة الى احد نهايات خطوط النقل للاشارة.
B هو القدرة الواصلة الى الجزء او النهاية الاخرى لخط النقل او الخرج للمكبر او اعظم قدرة مشعة من الهوائي.

اذا كانت A اكبر من B فالنتيجة عدد موجب وهو الكسب (التحصيل gain)
اذا كانت A اصغر من B فالنتيجة عدد سالب وهو الفقد (loss)

انواع الديسبل

-1 dBi وهو مرجع للهوائي النقطي (Isotropic) وهذا الهوائي افتراضي ونظري وغير ممكن عمليا لذا يستخدم كوحدة للقياس فقط .

-2 dBd وهو مرجع للهوائي الداي بول نصف طول الموجة وهو من احد اسس التصميم للهوائيات ويقاس كسبه بال 0 dBd = 2.14 dBi .

-3 dBq وهو مرجع لهوائي ربع طول الموجة العمودي وقيمة كسبه بين قيمه كسب هوائي الداي بول والهوائي النقطي وهو غير شائع الاستعمال .

-4 dBc وهو وحدة تعبير عن القدرة باستخدام قدرة الموجة الحاملة كمرجع , و تشير الى العلاقة النسبية للضجيج او جزء الموجة الجانبي الاعظم (side band peak power)الى الموجة الحاملة .

-5 dBm هذه الوحدة تشير الى ان الديسبل بوحدة الملي واط عبر مقاومة حمل 50 اوم وتستخدم بحسابات اجهزة الاستقبال والمكبرات .

-6 dBµv هذه الوحدة تشير الى ان فولتية الاشارة بوحدة µv نسبة الى ان 1µv عبر مقاومة 50 اوم هو 0dBµv وتستخدم على الاغلب في اجهزة الاستقبال والهوائيات .

-7 dB(old) كانت هذه الوحدة تستخدم في التلفونات قبل الحرب العالمية الثانية ويقاس ب 6mv بمقاومة حمل 500 اوم ويعادل 0 dB واستبدلت بوحدة VU وتعادل mv1 عبر مقاومة حمل 600 اوم وتستعمل الان في الاجهزة والتسجيلات الصوتية.

8- dBw وحدة لقياس القدرة بالواط وتشبه dBm عدا ان قياس المرجع هو 1 واط . 0dBw = +30dBm و -30dBw = 0 وتستخدم في قياس قدرة الخروج للاجهزة عموما والصوتية خصوصا .

9- dBu وحدة لقياس الفولتية V_{RMS} نسبة الى مرجع 0.775 V

10- dBv وحدة لقياس الفولتية V نسبة الى مرجع 1 فولت

11- dBmv هذه الوحدة تشير الى الديسبل بوحدة Milivolt , عبر مقاومة 75 اوم 1mv يساوي 0dBmv وتستعمل في حسابات اجهزة التلفزيون والاشارة 1mv هي اقل اشارة مستلمة لازمة لجهاز التلفزيون لعدم ظهور الثلج (snow) في الصورة .

12- dB(spl) (Sound Pressure Level) وحدة لقياس مستوى ضغط الصوت في الهواء و الغازات الاخرى نسبة الى 20 micropascals (مايكروباسكال) .و بالنسبة للصوت في الماء و السوائل النسبة تصبح 1 µPa .

13- dB(sil) (Sound Intensity level) وحدة لقياس كثافة الصوت نسبة الى 10^{-12} واط / متر مربع (بداية مستوى السمع البشري في الهواء) .

14- dBswl (Sound Power Level) وحدة لقياس مستوىقدرة الصوت نسبة الى 10^{-12} واط .

15- dB(A) / dB(B) / dB(C) وحدات لقياس مختلف الذبذبات لاستجابة الاذن البشرية للصوت و وحداتها نفس وحدات dB(spl) 20 µPa . تستخدم في الاغراض الطبية .dB(C) تستخدم ايضا في الاتصالات التليفونية والتلغرافية

16- dBj وحدة لقياس الطاقة نسبة الى 1 جول = 1 واط / ثا و تستخدم لقياس كثافة الضجيج (Noise Density) 0dBj =0dBw/Hz .

17- dBµ وحدة قياس شدة المجال الكهربائي نسبة الى 1 µv / m (1 مايكرو فولت / متر) . وتستخدم في الهوائيات .

18- dBf وحدة قياس قدرة نسبة الى 1 femtowatt .

19- **dBk** وحدة قياس قدرة نسبة الى 1Kilowatt تستخدم لحساب القدرة .

20- **dBfs** وحدة قياس سعة الاشارة مقارنة باعلى تدريجة للجهاز , 0dBfs تساوي 1 في النظام الرقمي Digital system تستخدم في اجهزة الاتصالات.

21- **dBo** (overload) قياس سعة الاشارة مقارنة بأعلى تدريجة للجهاز و مشابهة لل dBfs لكنها تستخدم في النظام التماثلي analog system .

22- **dB-Hz** وحدة لقياس bandwidth نسبة الى 1 هيرتز تستخدم في في Link budget calculation , 20dB-Hz = 100Hz .

23- **dBic** (isometric circular) قدرة مقاسة نسبة الى هوائي مستقطب دائري قياسي . تستخدم في حسابات الهوائيات .

24- **dBrn** (reference noise) وحدة لقياس الضجيج .

التوجيهية والكسب Directivity and Gain

التوجيهية هو قابلية الهوائي على تركيز طاقة البث في اتجاه محدد عند الارسال او لاستلام افضل طاقة باتجاه معين عند الاستلام .
هناك علاقة بين التوجيهية والكسب , ويمكن رؤية ظاهرة زيادة التوجيهية عند مقارنة ضوء مصباح كهربائي اعتيادي مع ضوء مصباح كشاف مثلا, حيث 100 واط من الضوء الموجه سيكون اكثر بكثير ولا مجال للمقارنة من 100 واط من ضوء المصباح الاعتيادي المنتشر ضوئه في كل الاتجاهات . فالضوء الموجه يقارن بانه كالهوائي مع زيادة التوجيهية .
الكسب هو القيمة العملية من التوجيهية , والعلاقة بين التحصيل والتوجيهية هي

$$G = \eta \times D$$

الكسب = G
الكفاءة = η
التوجيهية = D

قياس الكسب Gain measurement

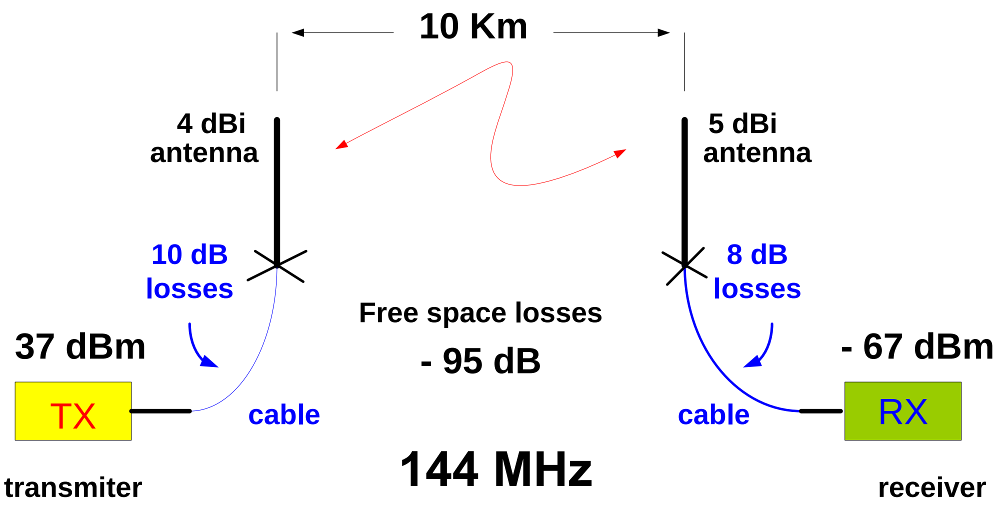
احد الطرق العملية لقياس الكسب هو مقارنة الهوائي (تحت الفحص) المراد قياس كسبه مع هوائي قياسي (معلوم الكسب) .
لقياس كسب هوائي VHF مثلا يثبت الهوائي المراد فحصه مع هوائي قياسي (يمكن استخدام داي بول { كسب الداي بول 0dBd = 2.15 dBi } كهوائي قياسي) على نفس العمود وبنفس الاتجاه والارتفاع ويبث من محطة صغيرة من مسافة حوالي 5 كلم بقدرة 1 او 2 واط ويقاس مقدار الاشارة المستلمة من الهوائيين ومن الفرق بينهما يمكن معرفة كسب الهوائي (تحت الفحص) ويراعى ان يتم فحص كل هوائي على انفراد لضمان عدم تأثير احدهما على الاخر .
وفي حالة فحص الترددات المتناهية العلو UHF و SHF يستعمل الهوائي البوقي (Horn) بكسب معلوم ويعتبر هوائي مرجع Standard .

قياس شدة الاشارة الراديوية المستلمة والفقد في الهواء

تتعرض الاشارة الراديوية الخارجة من جهاز الارسال الى عدة عوامل فقد , تفقد الاشارة جزء من قوتها من خلال الكيبل المستخدم ولذا يجب استخدام انواع جيدة منه لتقليل الفقد لاقل مايمكن حيث ان السعة (لكل قدم او متر) العالية هي السبب الرئيسي في الفقد . وعموما كلما كان قطر الكيبل اكبر وثابت العزل اقل كانت السعة اقل والكيبل اكثر جودة وخصوصا بالترددات العالية جدا .

ففي المثال الاتي طريقة حساب شدة الاشارة المستلمة من جهاز ارسال 5W (37 dBm) بتردد 144 MHz عبر كيبل بفقد قدره 10 dB والى هوائي بكسب 4 dBi ومن ثم تتعرض الاشارة الى فقد كبير في الهواء قدره 95 dB – حسب ما موضح بالمعادلة , ثم يضاف 5dBi كسب هوائي الاستلام ثم تفقد الاشارة المستلمة 8dB بكيبل هوائي الاسقبال لتصبح بعد اجراء العمليات الرياضية 67 dBm – .
حساب الفقد في الكيبلات يتم ببرنامج بسيط من الانترنيت cable losses calculation http://www.ocarc.ca/coax.htm
وحساب الفقد في الهوائي يتم برنامج free space losses
http://www.terabeam.com/support/calculations/free-space-loss.php#calc

او بالمعادلة المرفقة والفقد في الهواء يزداد بازدياد التردد والمسافة بين الهوائيات .


10 Km
4 dBi antenna
5 dBi antenna
10 dB losses
8 dB losses
37 dBm
- 67 dBm
Free space losses
- 95 dB
TX
RX
cable
cable
144 MHz
transmiter
receiver

Tx power = 37 dBm = 5 watt
Tx Cable losses = 10 dB
Tx antenna Gain = 4 dBi
Free space losses = 20 * Log_{10} (frequency in MHz) + 20 * Log_{10} (Distance in Miles) + 36.6 = -95 dB
Rx antenna Gain = 5 dBi
Rx cable losses = 8 dB
Rx power = - 67 dBm according to the equation below :-

37 dBm – 10 dB + 4 dBi – 95 dB + 5 dBi – 8 dB = - 67 dBm

This equation is used to calculate the losses power
From transmitter to receiver through cable & antenna

شكل (6-1) مخطط لحساب الاشارة الراديوية المستلمة عبر الهواء

حساب كسب النظام (System Gain)

لكل جهاز لاسلكي له حساسية استلام خاصة به تسمى (receiver sensitivity) وهي تمثل اقل مستوى للاشارة (فولتية) يمكن للجهاز تحسسها عند الاستلام وكلما كانت قيمتها عالية يكون الجهاز افضل , فعند حساب الكسب للنظام يتم اضافة القدرة المرسلة (output power) الى حساسية الجهاز . ويمكن من خلالها التمييز بين كفاءة الاجهزة المختلفة واختيار الافضل .

System Gain = output power + receiver sensitivity

مثال :- اذا كانت حساسية الجهاز -113 dBm @ BER 10^{-6} والقدرة المرسلة 37 dB فان الكسب للنظام هو 37 + 113 = 150 dB

حدود التلاشي Fade margin

وهو الفرق بين قوة الاشارة المستلمة وبين حساسية الجهاز وكلما كانت قيمتها اعلى من 20 dB يكون افضل ,وقيمتها تعتمد على قدرة الارسال للمرسلة والمسافة بينها وبين جهاز الاستقبال .

Fade Margin = received power - receiver sensitivity

مثال :- اذا كانت قوة الاشارة المستلمة هي – 67 dBm وحساسية الجهاز هي -113dBm فان حدود التلاشي هي : - 67 – (- 113) = 46 dBm

الهوائيات

الهوائيات بصوره عامه تنقسم الى ثلاثة اقسام رئيسية:

1- هوائيات عمودية (Vertical omni direction) وانواعه

2- هوائيات غير موجهه مثل الدايبول (dipole) وانواعه

3 - هوائيات موجهه مثل الياكي (yagi) و الصحون اللاقطه وغيرها.

توجد انواع كثيره وتطبيقات عديده للهوائيات الا ان المبدء واحد وحجم الهوائي يعتمد على الطول الموجي للموجه ويتناسب معها تناسبا طرديا وعكسيامع ترددها فهوائيات الموجات القصيره جدا مثلا (VHF و UHF) تكون اصغر حجما و اسهل صنعا من هوائيات الموجات الطويله مثلا .

ولكل هوائي شكل بث وكسب خاص به يعتمد على تركيبته وتصميمه .

عند حساب الاطوال للهوائيات عامه لا تستخدم سرعه الضوء مباشره في الحسابات 300000 كلم / ثانية بل تضرب في ثابت 0.95 لان سرعه الموجه اللاسلكيه في الموصلات (المعادن) اقل من سرعتها في الفضاء ب 5% فتصبح سرعة الموجات اللاسلكية لحسابات اطوال الهوائيات 285000 كلم/ثانية .

هناك برامج تصميم لمختلف انواع الهوائيات وضعها هواة مشكورين في الانترنيت مجانا ليتمكن الجميع من صناعه ما يرغبون به من هوائيات .

هنالك البرنامج المشهور للهاوي الكندي VE3SQB والذي بواسطته يتم تصميم عدة انواع من الهوائيات بعد اعطاء بعض المعلومات اللازمه مثل التردد وعدد العناصر (ELEMENT) وقطر الانابيب المعدنيه المتوفره .

انواع الهوائيات العمودية : Vertical omni direction

وهي هوائيات تبث بكل الاتجاهات (بث دائري) وهذه بعض الانواع المشهورة منها والشائعة الاستعمال .

1 - هوائي ربع الموجة Vertical antenna with ground plane
2 - هوائي 5/8 طول الموجة ذو الملف
3 - هوائي متعدد الموجات Multi bands antenna
4 - هوائي نوع j pole
5 - هوائي نوع Supper j pole
6 - هوائي 1 1\4 طول الموجة Slim Jim antenna
7 - هوائي Collener
8 - هوائي الدسك Discone
9 - هوائي ماركوني Marconi vertical antenna
10- هوائي بازوكا Bazooka antenna

الهوائيات غيرالموجهه

يعتبر الدايبول dipole ابسط انواع الهوائيات وخير مثال على الهوائيات غير الموجهه واغلب انواع الهوائيات العمودية والموجهه وغير الموجهة هي عبارة عن دايبول بشكل او بأخر وهو يعتبر المرجع الرئيسي للقياس في الهوائيات هو والهوائي الافتراضي isotropic (الهوائي النقطي الذي يبث بكل الاتجاهات وبالاحداثيات الثلاثة وهو هوائي وهمي افتراضي ولا وجود له) .

1 - هوائي دايبول 2 / λ Dipole antenna
2 - هوائي دايبول متعدد Multy dipole antenna
-3 هوائي دايبول مقلوب Inverted V dipole antenna
4 - هوائي دايبول مصيدة Trap dipole antenna
6 - هوائي دايبول دائري Circular dipole antenna
7 - هوائي دايبول مطوي Folded dipole antenna
8 - هوائي سلك السماء Loop Skye wire antenna
9 - هوائي خفاقة البيض Egg Beater antenna
10- هوائي المعدن السائل Liquid metal antenna

الهوائيات الموجهه

يعتبر الياكي من افضل الهوائيات الموجهه ويعتبر اساسيا فيها ويستعمل لمدى واسع من الترددات من HF الى SHF

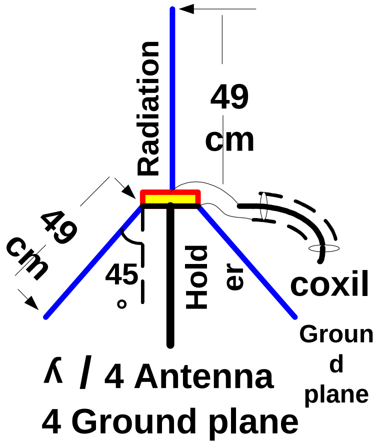
1 - هوائي ياكي تقليدي yagi antenna
2 - هوائي المكعب الرباعي Cubical quad antenna
3 - هوائي Log periodic antenna
4 - هوائي Helical antenna
5 - هوائي بوقي horn antenna
6 - هوائي صحن Dish antenna
7- هوائي قطاعي Sectoral antenna
8 - هوائي موكسون Moxon antenna
9- هوائي الستارة الرباعي Curtain Quad antenna

الهوائيات العمودية : Vertical antenna

1 - هوائي ربع طول الموجة من الهوائيات العمودية الاساسية في ويتكون بابسط صوره من عنصر (element) عمودي وثلاثة او اربع او اكثر من العناصر الافقية او المائلة بزاوية كمستوى ارضي (Ground plane) وكلما زادت كان الهوائي اكفأ وميل الزاوية 45° تقرب ممانعة الهوائي من 50 اوم كسب هذا الهوائي 0 dBd ويعادل 2.14 dBi طول العناصر متساوي = λ / 4 مثال قياس العناصر لهوائي يعمل على التردد 145MHz تفاصيل كاملة للهوائي في موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي http://www.iraqi-ars.org بعنوان مشاريع (project) هوائي VHF & UHF .

$$\lambda = \frac{300,000,000 \ \mathrm{X}\ 0.95}{145,000,000} = 196 \text{ cm}$$

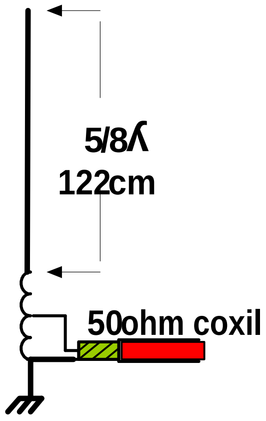
$$\frac{\lambda}{4} = 49 \text{ cm}$$



شكل (6-2) هوائي ربع طول الموجة

2 - هوائي 5/8 طول الموجة من الهوائيات السوطية البسيطة والمستعملة في السيارات والزوارق يحوي على ملف موائمة (Matching coil) ويثبت على سطح المركبة المعدني ليعمل عمل (ground plane) انتشار موجاته يكون قريبا وموازيا تقريبا لسطح الارض لذا يكون ملائما للاراضي والمساحات المنبسطة ويستخدم لل VHF , UHF .

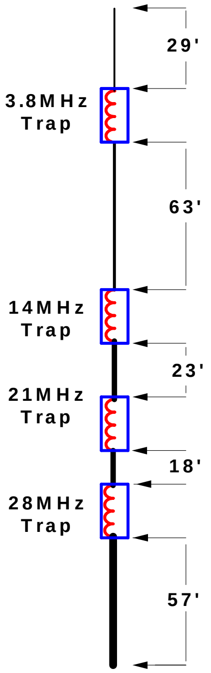
نموذج هوائي 5/8 طول الموجة بتردد 145MHz يتكون من سوط معدني بقطر مناسب (3 الى 6 ملمتر) بطول 122 سم ويكون مرنا قابلا للانثناء اثناء سير المركبة بتاثير الهواء . ومن ملف موائمة 10 لفات قياس 12 على عازل بقطر 3/4 انج وطول 3.5 انج ويغير موقع لحام الكيبل بالملف للحصول على اقل SWR .



5/8ʎ
Vertical antenna

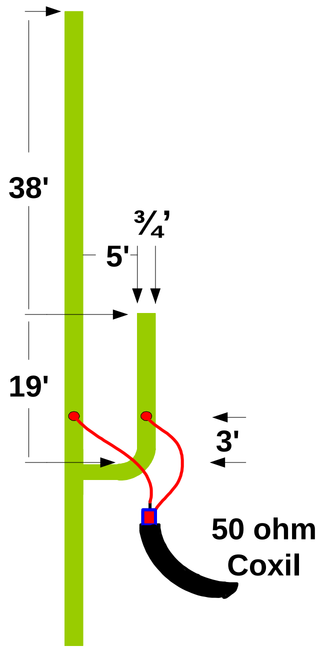
شكل (6-3) هوائي 8/5 طول الموجة

3 - هوائي متعدد الموجات من الهوائيات المركبة والمعقدة لاحتوائها على مصائد موجات (Trap) لكل تردد في الحزمة . المصيدة 28MHz تمنع الموجة28MHz من الانتشار عبر طول الهوائي وتقف الموجة عند نهاية الطول الاول '57 وكانما الهوائي يمثل هذا الطول فقط اما بالنسبة للموجة 21MHz فالمصيدة 28MHz لاتمثل لها شيئا و تمر من خلالها وتقف عند المصيدة التي بنفس ترددها ويضاف الطول '18 الى '57 اليا وهكذا بالنسبة لبقية الموجات . الاطوال مثبتة في الرسم المجاور وبقياس الانج ويكون قطر العناصر السفلية اسمك من العلوية للضرورات الفيزيائية التصميمية من ناحية المتانة وقابلية الانثناء عند الرياح والوزن .



5 Band vertical antenna

شكل (6-4) هوائي متعدد الموجات

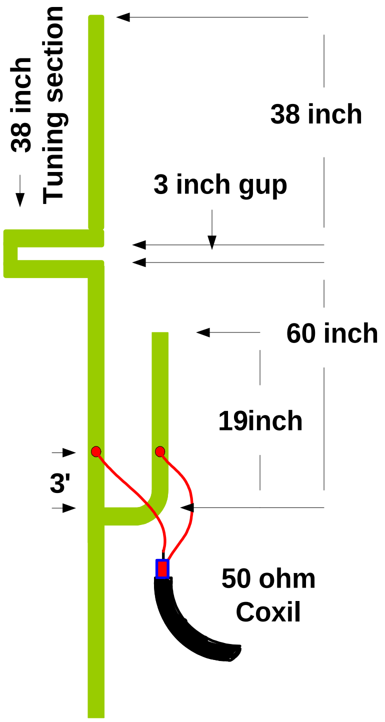


J pole antenna

4 - هوائي نوع J pole من الهوائيات الكفوؤة والبسيطة التكوين يتكون مـــن قضيب او انبوب (افضل لغرض الوزن والمتانة) وتستعمل عادة انابيب التبريد النحاسيـة بقطر '1 او '3/4 او حسب الاختيار لخفتها وسهولـــة ثنيها ولحامـها بالصولدر الاعتيادي (هنالك تقاسيم على شكل T و L يمكن استخدامها بـدل الثنـي) الـذراع القصير يمثـل Ground plane الذي يلحم بـه الشيلد من الكيبل وقلب الكيبل يلحم على الجزء الطويل كما هو موضح في الرسم والمسافة '3 يمكن تغيرها للحصول على اقل SWR الابعاد موضحة في الرسم لهوائي على تردد 144MHz

شكل (6-5) هوائي J Pole

5 - هوائي نوع Supper j pole

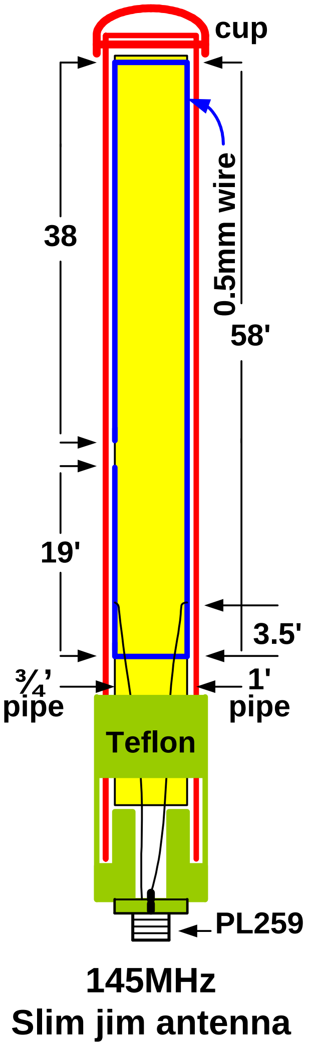


Supper J pole antenna

من الهوائيات الكفوؤة ومن نفس تكوين J pole عدا الاضافة في الوسط وتكون علــى شكل دائري اوU وطـــول الانبوب الملوي '38 ويمثل هذا الرقم نصف الطول الموجي للتردد المستعمل والهوائـــي المجاور مصمم علـــى تردد 144MHz وكـافة الابعـــــاد والقياسات موجودة بالرسم الهندســي المجاور .

شكل (6 -6) هوائي Supper j pole

6 - هوائي 1 1/4 λ Slim jim



من الهوائيات الكفوءه جدا والمجربة والعملية والبسيطة التكوين ولايحوي على ملفات و Ground plane وشكله يشبه مصباح الفلورسنت تم اختبار زوج منه المسافة بينهما حوالي 20 كيلومتر داخل المدينة وبارتفاع 9 متر لكل هوائي وبقدرة 3 واط لكل جهاز وكانت النتيجة جيدة جدا وتم تأمين الاتصال بوضوح وبلغت قوة الاشارة 5/6 لكل منهما . كسب هذا الهوائي 4.5 dBi .

يتكون من انبوب بلاستيكي بقطر 3/4 او 1 انج ويلف على طوله سلك نحاسي بقطر 0.5 او 1 ملم وتترك فجوة 1 انج وكما في الرسم التوضيحي ويلحم الكيبل على بعد حوالي 3.5 انج من الاسفل ويتم ضبط SWR بتغيير هذه المسافة صعودا او نزولا . يلحم قلب الكيبل على الجهة الطويلة من الهوائي والشيلد يلحم على الطرف القصير . من الممكن تغطية هذه المحتويات بانبوب بلاستيكي اخر اكبر حجما بقليل 1 او 1.25 انج لاعطاء المتانة والجمالية للهوائي ويلصق كب بلاستيكي من الاعلى لمنع دخول الاتربة والمطر الى الداخل وتضاف قطعة من التفلون العازل كقاعدة من الاسفل لتثيت فيها الفيشة ويثبت بها الهوائي الى العمود . التفاصيل الفنية في الرسم التوضيحي المجاور ,

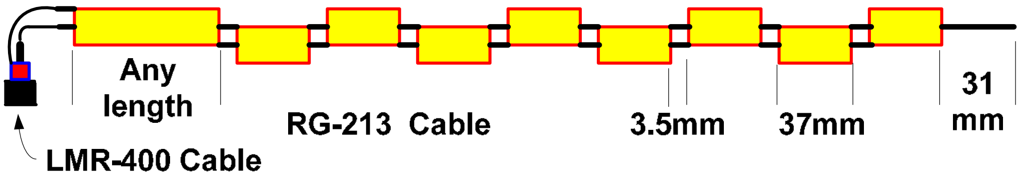
رسوم توضيحية وتفصيلية في موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي (مشاريع / بعنوان هوائي VHF)
http://www.iraqi-ars.org

شكل (7 -6) هوائي Slim jim

7 - هوائي collener هوائي جيد جدا بالحجم والكسب ويغلب استعماله في الترددات فوق العالية جدا الا ان هذا لايمنع استخدامه ببقية الترددات كسب هذا الهوائي يكون مرتفع عادة لتكونه من عدة هوائيات مجتمعة على التوالي وهو باشكال وتطبيقات كثيرة وسنتناول هوائي 2.4GHz للانترنيت وهو هوائي جيد جدا الا انه يحتاج الى دقة في الصناعة لحراجة الاطوال بسبب كون التردد عالي جدا 2.4 GHz . يتكون من 8 قطع من كيبل RG-213 او اي كيبل مماثل ويجب ان تكون سرعة الانتشار للكيبل (Velocity factor) 0.66 لان القياسات المعطاة حسب هذا الرقم وتلحم هذه الكيبلات بصورة

مخالفة الواحد مع الاخر (الشلد بالقلب والقلب بالشلد) لتكوين مجموعة من الدايبولات والكسب الكلي هو مجموع كسب كل قطعة من الدايبول الشكل المجاور يبين التفصيلات والقياسات للهوائي وتم تجربته مع مجهز انترنيت يبعد حوالي 400 متر وكان الاتصال جيدا وقوة الاشارة 80% وكسبه 9 dBi وهو صغير الحجم وبطول 50 سم فقط .

رسوم توضيحية وتفصيلية في موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي (مشاريع / بعنوان هوائي 2.4GHz) http://www.iraqi-ars.org

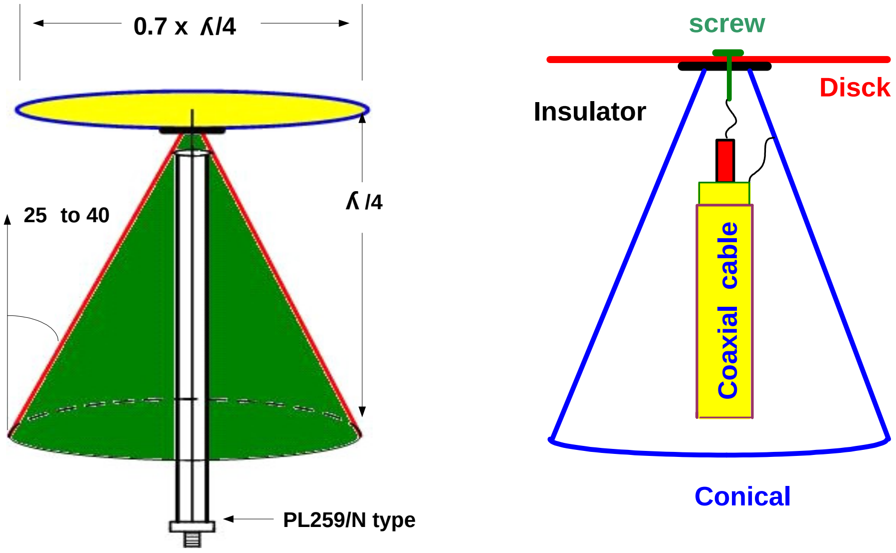

Any length
RG-213 Cable
3.5mm
37mm
31 mm
LMR-400 Cable

2.4 GHz collinear antenna

شكل (6- 8) هوائي انترنيت نوع collener

8 - هوائي القرص Discone من الهوائيات النموذجية له 3 تراكيب القرص والمخروط والعازل .

القرص يجب ان يكون بقطر كلي يعادل 0.7 من ربع طول الموجة للتردد الواطيء للهوائي . نقطة التغذية (feed point) للهوائي يجب ان تكون في مركز القرص وتربط عادة بكيبل 50 اوم (يربط قلب الكيبل بالقرص والشيلد بالمخروط) . طول المخروط يجب ان يكون ربع طول الموجة للتردد الواطيء المستعمل في الهوائي . وزاوية المخروط تكون عادة بين 25 الى 40 درجة .


0.7 x ʎ/4
ʎ /4
25 to 40
PL259/N type
screw
Disck
Insulator
Coaxial cable
Conical

Discone Antenna

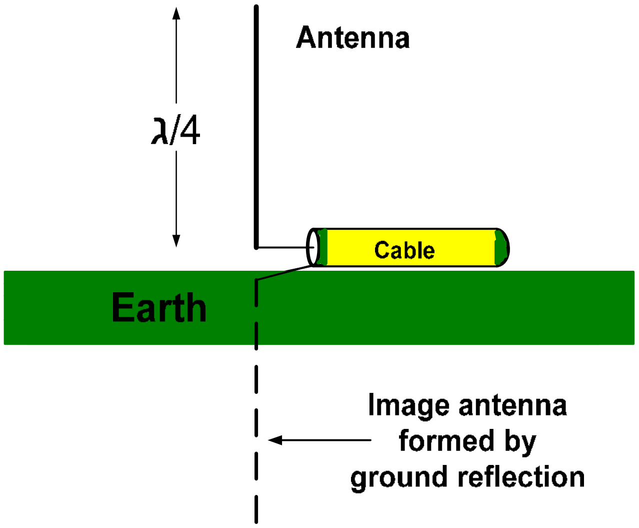
شكل (6- 9) هوائي القرص

9 – هوائي ماركوني Marconi antenna

من اغلب الهوائيات العمودية الشائعة هو هوائي ماركوني وهو هوائي λ\4 ويستخدم كدايبول عمودي ويعتبر الارض كمرأة عاكسة له Ground plane .

في الترددات الواطئة (اقل من 2MHz) من الصعوبة عمل هوائي دايبول افقي بسبب طوله الكبير واحتياجه الى نصف الطول الموجي على الاقل فوق سطح الارض فعلى سبيل المثال هوائي 2MHz يحتاج الى طول حوالي 75m وهذا غير منطقي من الناحية العملية اضافة الى ذلك ان الموجة الارضية لل 2MHz تحتاج الى قطبية عمودية للبث وهذا ما لا يتوفر في الهوائي الافقي كما نوهنا سابقا , و انه من غير الممكن عمليا وضع هوائي بطول 75m على مركبة متحركة باستقطاب افقي لذا برزت الحاجة الماسة الى استخدام الهوائيات العمودية

مثال على ذلك هوائي عمودي يثبت على سطح الارض بطول λ\4 ويستخدم الارض كمراة عاكسة بطول الهوائي كما في الرسم المرفق .



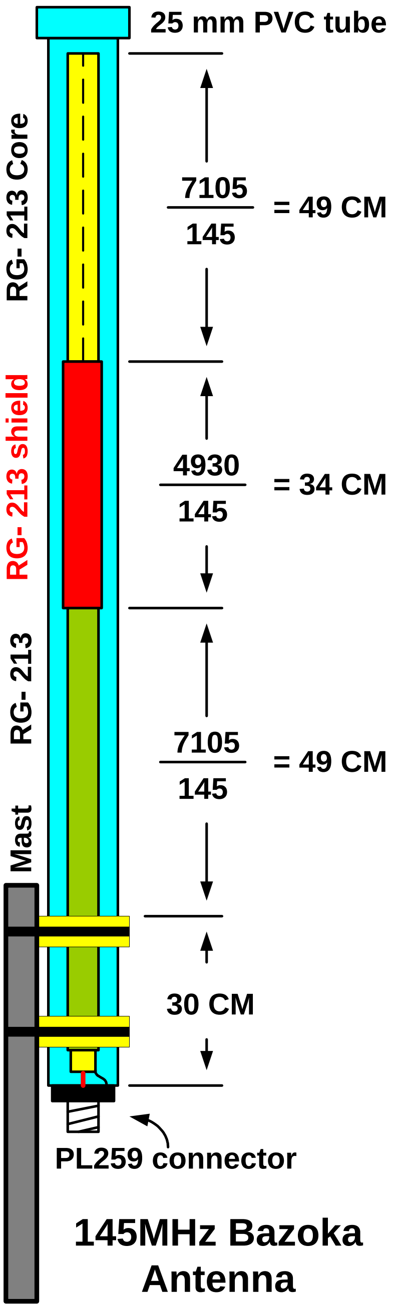
The image antenna formed in the ground under a Marconi antenna

شكل (10-6) هوائي ماركوني

10 – هوائي بازوكا Bazooka antenna

من الهوائيات البسيطة والسهلة التكوين وهو عبارة عن دايبول عمودي يتكون من قطعة من كيبل RG-213 او RG-8 او اي كيبل بنفس Velocity factor (0.66) .

يقشط اعلى الكيبل بالطول المبين بالرسم التوضيحي وحسب التردد 145MHz بطول 49cm ويستخدم القلب كمشع اما الشيلد فيقلب الى الاسفل كما هو موضح وبالطول 34cm وتعتبر هذه النقطة هي نقطة التغذية (feed point ثم يضاف طول 49cm (ربع الطول الموجي) للبعد عن الشيلد ويضاف 30cm لمرحلة التثبيت كما هو موضح بالرسم ثم يستعمل انبوب بلاستيكي من PVC بقطر 1 انج (25mm)


25 mm PVC tube
RG- 213 Core
RG- 213 shield
RG- 213
Mast
7105 / 145 = 49 CM
4930 / 145 = 34 CM
7105 / 145 = 49 CM
30 CM
PL259 connector
145MHz Bazoka Antenna

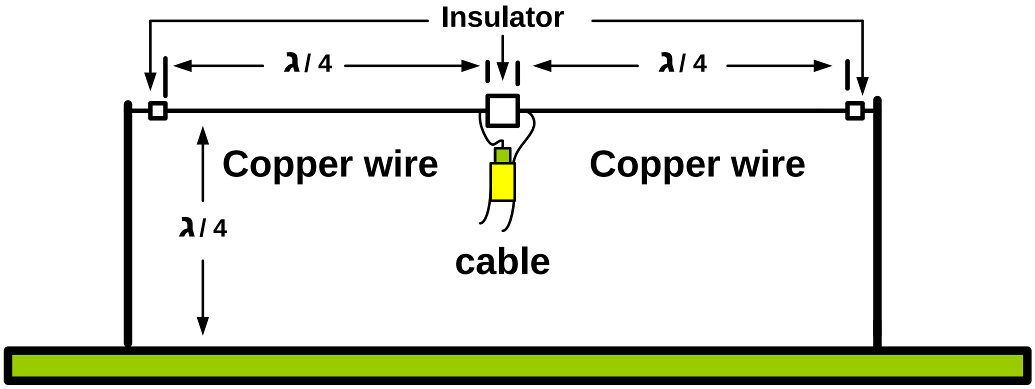
شكل (11 -6) هوائي بازوكا

الهوائيات غير الموجهة

1 - هوائي الدايبول نصف طول الموجة λ / 2

من اشهر واسهل انواع الهوائيات واكثرها انتشارا واستخداما ويتكون من جزئين كل جزء يمثل ربع طول الموجة ويثبت بصورة افقية بواسطة ساريتين خشبيتين او معدنيتين (وتفضل الخشبية لغرض العزل التام عن الارض) معزولتين عنه ولضمان عمله بصورة جيدة يجب ان يرتفع عن سطح الارض بما لايقل ربع طول الموجة . يتكون من سلك نحاسي من المستخدم في التأسيسات الكهربائية و بقطر مناسب (من 1 الى 6 ملم) ولايهم ان يكون عاريا او مغلف ويفضل المغلف لضمان عدم تاثير الظروف الجوية عليه من رطوبة ومطر وحصول التأكسد الذي يؤثر على اداءه .

من الممكن ربط عدة دايبولات سوية كل منها بطول موجي مختلف على نفس العمود وبنفس الكيبل , وتوضع ثلاثة عوازل كهربائية اثنان في الاطراف وواحدة في الوسط لعزل الهوائي عن الارض كما هو موضح بالرسم .



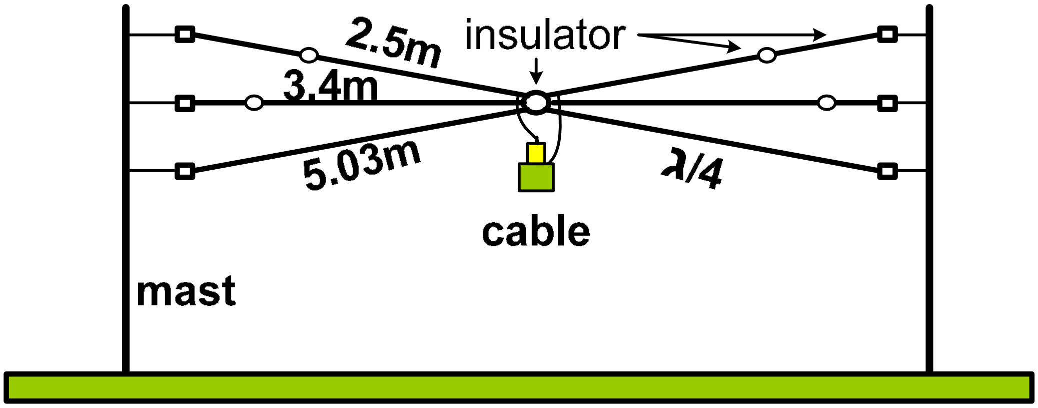
$$\lambda / 4 = \frac{71.5}{f \text{ MHz}} \text{ Meter}$$

Simple dipole

شكل (12 -6) هوائي دايبول نصف طول الموجة λ / 2

2 - هوائي دايبول متعدد

هذا الهوائي يستخدم عدة اطوال موجية لعدة ترددات وتربط سوية في المنتصف وتربط بكيبل واحد ولكل جزء منها طول يمثل ربع الطول الموجي لكل تردد مستعمل ولا تتاثر بقية الاطوال بهذا النوع من الربط اذ ان كل تردد سواء كان مرسل او مستقبل سيختار الجزء الملائم له (الهوائي المناسب) والذي يكون فيه ال SWR اقل ما يمكن باعتبار ان الهوائي مصمم على ذلك التردد, فالشكل يوضح هوائي متكون من ثلاثة دايبولات (ممكن اكثر او اقل) بثلاثة ترددات الاسفل بتردد 14 MHz ويكون اكثرها طولا والوسط بتردد 21 MHz والاعلى بتردد 28 MHz وهو الاقل طولا . وتربط سوية من كل طرفي العازل الوسطي بكيبل التغذية والذي تكون في العادة ممانعته 50 ohm وهي نفس ممانعة الهوائي ويجب استعمال كيبل مناسب مثل RG213 or RG8 او الاقل كفاءة RG58 ذو السعة الداخلية الكبيرة والفقد الاكبر ويجب استخدام اقصر طول ملائم من الكيبل لتقليل الفقد في الاشارة .

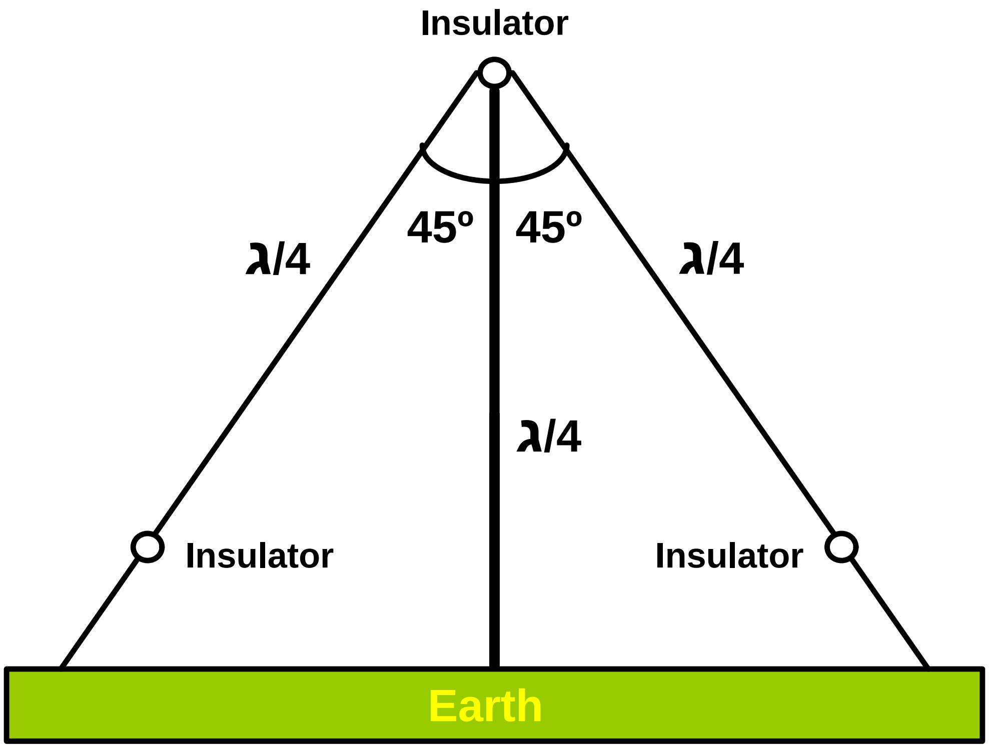


Multiband dipole

شكل (6- 13) هوائي دايبول متعدد

3 – هوائي دايبول مقلوب inverted V

هذا الهوائي شبيه بالدايبول الاعتيادي الا انه يركب بصورة مقلوبة على شكل Λ ويستخدم عمود واحد للتثبيت وتكون الزاوية بين طرفيه اكبر من 90 يستخدم هذا الهوائي في الاماكن الضيقة والتي ليس بها فسحة لربط دايبول اعتيادي وطول العمود يجب ان لا يقل عن ربع طول الموجة ويربط بعوازل من الاطراف وتبعد نهاياته السفلى عن الارض قدر الامكان . طول الدايبول المقلوب هو اقصر بنسبة 4% من الدايبول الاعتيادي ولنفس التردد .



Inverted V dipole

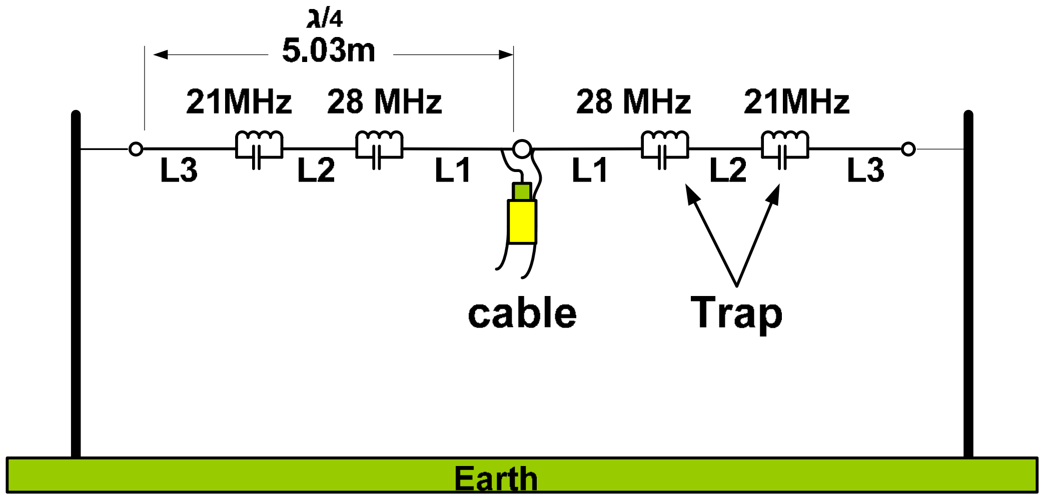
شكل (6- 14) هوائي دايبول مقلوب

4 - هوائي دايبول مصيدة Trap antenna

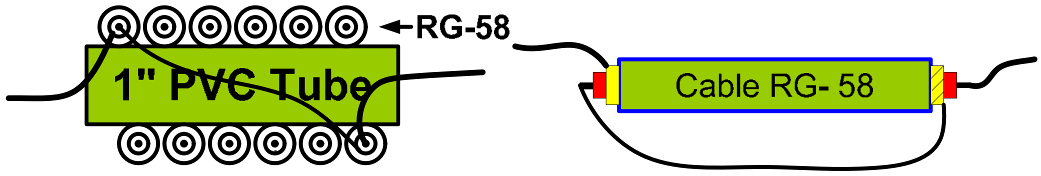
هذا الهوائي شبيه بهوائي الدايبول المتعدد الا انه يحوي على دوائر رنين تعمل كمصيدة لترددات مصمم عليها ليكون فعالا على اكثر من تردد بدلا من استخدام هوائي منفصل لكل تردد , دوائر الرنين عبارة عن ملف ومتسعة منغمة على تردد معين وهذه الدوائر تتعرض للتغيرات الجوية من حرارة ورطوبة مما يؤدى الى تغير ترددها وتقليل كفاءة الهوائى مما حدا الى استخدام طريقة مبتكرة ثابتة التردد باستخدام ملف من كيبل RG-58 واستخدام سعته الداخلية الثابتة (باعتبار ان طولة ثابت) كمتسعة لدائرة الرنين مما ينتج عنه دائرة رنين ثابتة التردد لا تتاثر بالظروف الجوية .

الهوائي التالي هو هوائي بثلاث ترددات 28 MHz & 21 MHz & 14 MHz
ويحتوي على دائرتي رنين الاولى 28 MHz والثانية 21 MHz

الدائرة الاولى تقوم بقطع التردد 28 MHz وتمنعه من المرور الى دائرة الرنين الثانية ليبقى الجزء L1 هو الجزء الفعال من الهوائي والذى يمثل λ/4 من طول الموجه 28 MHz والموضوع نفسه بالنسبه للتردد 21 MHz حيث يكون L1 + L2 هو الجزء الفعال اما بالنسبه للتردد 14 MHz فلا يلقى اي ممانعة من دائرتي الرنين السابقتين حيث يكون L1 + L2 + L3 هو الجزء الفعال لهذا التردد والذي يمثل ربع طول الموجة (5.03 m) .


λ/4
5.03m
21MHz
28 MHz
28 MHz
21MHz
L3
L2
L1
L1
L2
L3
cable
Trap
Earth

Tri band antenna

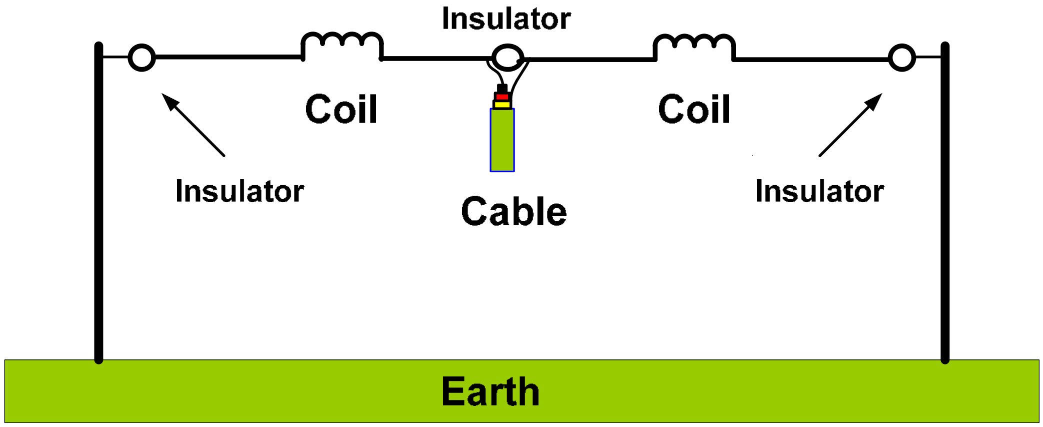

RG-58
1" PVC Tube
Cable RG- 58

Trap (tuning circuit) L + C

شكل (15 -6) هوائي دايبول مصيدة

5 – هوائي ملف

هذا الهوائي عبارة عن دايبول بسيط الا انه يستخدم ملف لعمل توافق Matching لتقصير طول الهوائي شائع الاستعمال وخصوصا في ترددات HF الواطئة حيث ان الطول الموجي بعشرات الامتار مما لايكون عمليا صنع هوائي بهذا الحجم .

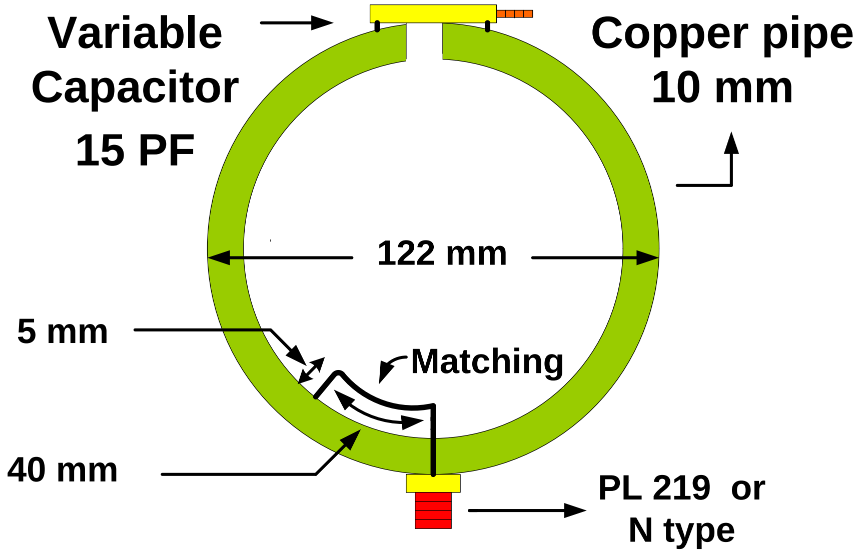

Insulator
Coil
Coil
Insulator
Cable
Insulator
Earth

Dipole with coil

شكل (16- 16) هوائي ملف

6 – هوائي دايبول دائري circular dipole antenna

هذا الهوائي من الهوائيات الصغيرة الحجم والسهلة الصنع ويستخدم في ترددات VHF & UHF صغير الحجم ووخفيف الوزن وذو كفاءة جيدة الشكل ادناه لهوائي بتردد 144 MHz يستعمل انبوب من النحاس الخاص بمنظومات التبريد بقطر 10 cmوبقطر 12.2 cm من الخارج ومتسعة متغيرة بمقدار 15 pf خط الموازنه (matching) يبعد عن مركز خط التغذية بمقدار 40 ملم وعن الانبوب النحاسي 5 ملم .


Variable
Capacitor
15 PF
Copper pipe
10 mm
122 mm
5 mm
Matching
40 mm
PL 219 or
N type

144 MHz VHF Circular Antenna

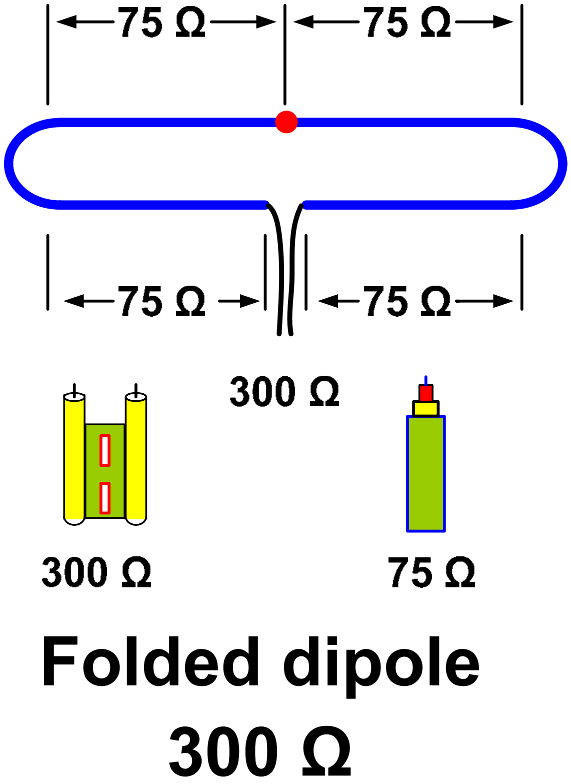
شكل (6-17) هوائي دايبول دائري

7 – هوائي دايبول مطوي **Folded dipole**

من الهوائيات الشائعة الاستعمال وخصوصا في VHF & UHF وهو عبارة عن انبوب مطوي كما في الشكل المرفق ويثبت من المنتصف (النقطة الحمراء) وبدون عازل لكون الفولتية صفر في المنتصف وتستعمل انابيب الالمنيوم في بنائه كونها خفيفه الوزن وغير قابله للصدأ وقابله للانثناء ممانعة هذا الهوائي 300 Ω مما يجعله غير مناسب للاستخدام مباشرة في اجهزة الاتصالات الا بعد استعمال محولة موائمة (balun) من 6:1 او 4:1 لجعل ممانعته 50Ω او 75Ω حسب الحاجة .

يستخدم هذا الهوائي عموما مع اجهزة الاستقبال التلفزيونية الا ان هذا لا يمنع من استخدامه مع اجهزة الاتصالات بعد اضافة محول موائم 6:1 لجعل ممانعته 50 Ω كممانعة الاجهزة مع استخدام كيبيل محوري ذو 50Ω . ومن الممكن استخدامه بقطبية افقية (موازي للارض) او بقطبية عمودية (عمودي على الارض) .

عند عدم استخدام محولة الموائمة يستخدم الكيبل الشريطي (300Ω) مباشرة وكان هذا الكيبل يستخدم سابقا في اجهزة التلفزيونات الابيض والاسود حيث كانت ممانعة الدخول لها 300Ω اما التلفزيونات الحديثة (الملونة) فان ممانعة الدخول لها 75 Ω لذلك يستخدم الكيبل المحوري coaxial cable ذو 75 Ω مثل (RG- 59) بعد اضافة محول موائمة من 4:1 .

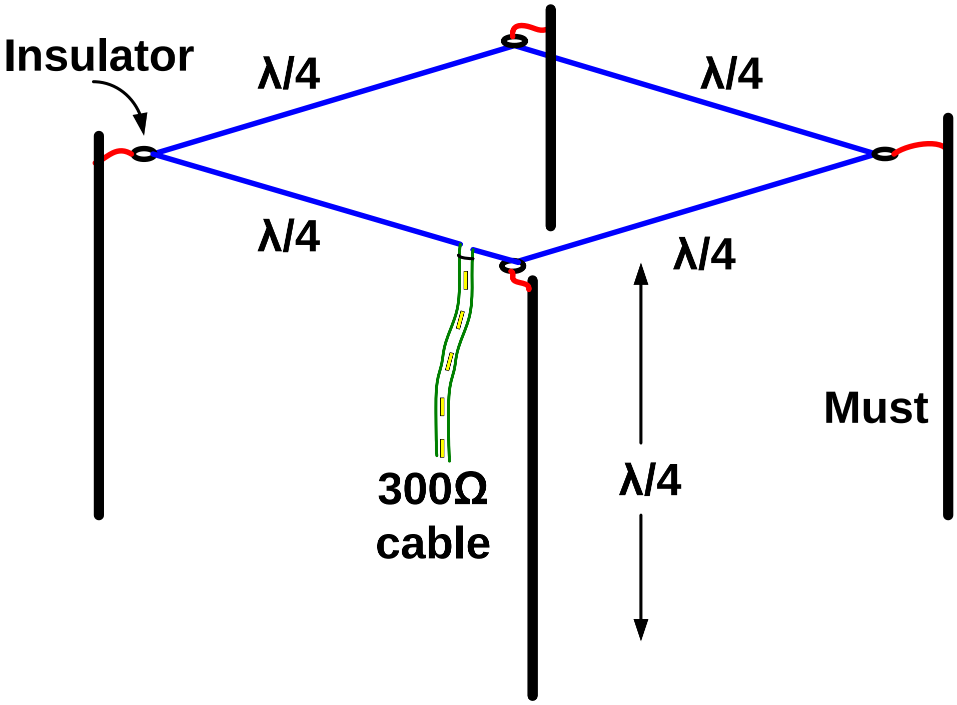


شكل (18 -6) هوائي دايبول مطوي

8 - هوائي سلك السماء Loop Skye wire antenna

من الهوائيات الكفوءة جدا والسهلة الصنع يتكون من سلك نحاسي بطول الموجة كاملا و على شكل مربع كل ضلع منه يمثل ربع طول الموجه λ /4 ويثبت من اركانه على اربعة اعمدة ارتفاعها لايقل عن ربع طول الموجة يستخدم عادة في ترددات HF وامكن به تحقيق اتصالات جيدة DX مع نيوزيلندا واستراليا وكندا . ويعتبر من الهوائيات الدائرية الانتشار Omni direction وامكن العمل به على الترددات 14MHz و 21 MHz و 28 MHz بواسطة MFJ Antenna tuner (الهوائي مصمم على التردد 7MHz) .

يبلغ طول كـــل ضلع منه 10m ويفضل ان يرتفع اكثر مايمكن عن سطح الارض (في التجربة كان ارتفاع العمود 5m) ممانعة الهوائي 300Ω لذا يجب استعمال كيبل شريطي ذو ممانعة 300Ω ثم استخدام محولة موائمة Balun 4:1 او 6:1 حسب الحاجة او استعمال قطعة بطول 10m من كيبل RG59 ذو ممانعة 75Ω بدلا من الكيبل الشريطي لتغيير ممانعة الهوائي بدلا من البالون ثم ربط كيبل اعتيادي بعده (ممانعته 50Ω) باي طول . قطر سلك الهوائي 2.5mm او اكثر ولايهم ان كان مغلفا (اسلاك التاسيس الكهربائية المفردة) .



Sky wire antenna

شكل (19 -6) هوائي سلك السماء

9 - هوائي خفاقة البيض Egg Beater antenna

من الهوائيات الجيدة والصغيرة الحجم ووسهلة الاستعمال الاستقطاب لهذا الهوائي هو استقطاب دائري وهو مناسب جدا للاتصالات مع الاقمار الصناعية اذ هذا النوع من الاتصالات يحتاج الى الاستقطاب الدائري لان القمر الصناعي في حالة دوران مستمر وكذلك حركة الكرة الارضية .

شكل الانبعاث (pattern) له عبارة عن نصف كرة تقريبا اذ يمكنه الارسال والاستلام من كل الجهات ومن فوقه تحديدا وهذا ما لاتستطيعه اغلب الهوائيات التقليدية , فشكل الانبعاث لهوائي ال Vertical مثلا عبارة عن شكل شبيه باطار السيارة المطاطي الداخلي حول الهوائي ولاتوجد تغطية عمودية له .

ففي حاله مرور القمر فوق الهوائي لايستطيع Vertical الاستلام بعكس الهوائي الدائري موضوع البحث .

الهوائي سهل الصنع ولا يحتوي على ملفات او اجزاء اضافية وذو استقطاب دائري , يتكون من حلقتين بالطول الموجي + 4% (في VHF و 10% في حالة UHF) متعامدتين على بعضهما مع موجهات ارضية (ground plane) عدد اربعة او اكثر ويمكن استخدام المشبك الخاص بالشبابيك(مانع البعوض) على شكل قرص محل الموجهات الارضية لزيادة الكفاءة.

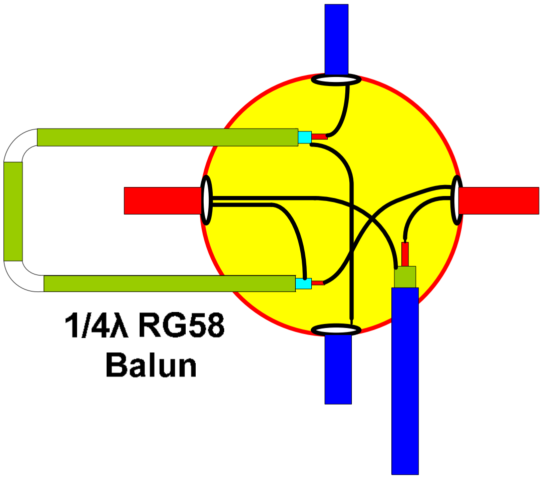
وهناك برامج لحسابات اطواله وضعها بعض الهواة مشكورين على الانترنيت مثل برنامج الهاويين البلجيكي ON6WG والفرنسي F5VIF

http://pagesperso-orange.fr/on6wg/Doc/Antenne%20Eggbeater-Engl-Part1-Full.pdf

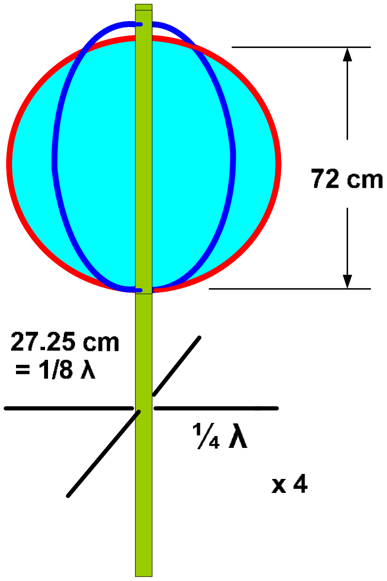
مواصفات الهوائي :

1- التردد 137.6 MHz (تردد اقمار Nawa) على سبيل المثال .
2- طول القوس (محيطه) 300 / 137.6 = 218 cm + 8 = 226cm
3 – قطر القوس = 72 cm انبوب نحاسي او المونيوم قطر 10 mm
4- طول الموجه الارضي ((54.5 cm) = 1/4 ג = ground plane
5- بعد الموجه عن قاعدة القوس = 27.25 cm = 1/8ג
6- الزاوية بين القوسين = 90
7- طول كبيل تحويل الهوائي الى استقطاب دائري ¼ג x 0.66 = 36 cm
نوع الكيبل RG58 (0.66 معامل السرعة للكيبل Velocity factor)
8 - انبوب PVC بقطر 40 mm وطول 150 cm

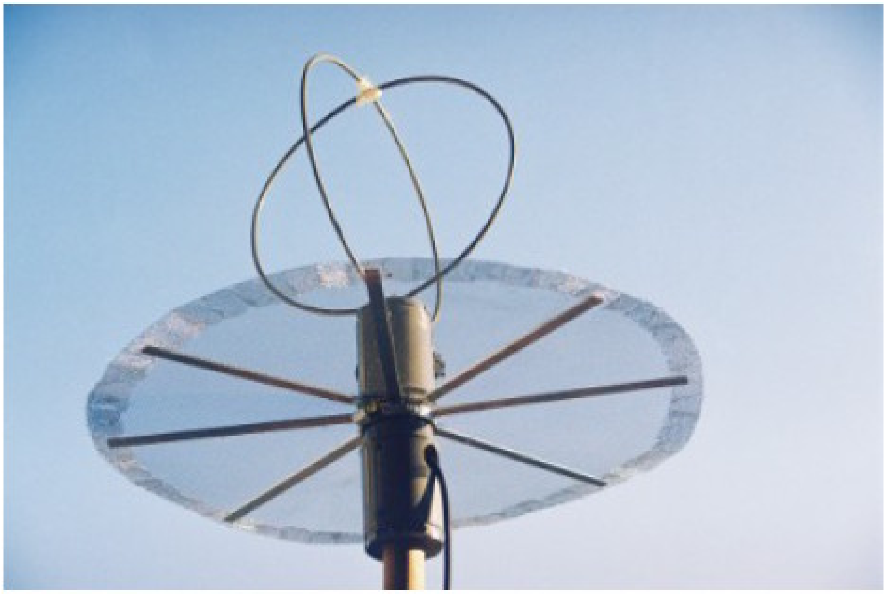
دائرتي الهوائي rink لكل منهما ممانعة 100 وتربط على التوازي لتصبح ممانعتها 50Ω وباستقطاب دائـــري باضافة قطعة مـــن الكيبل RG58 بطول λ 1/4 وتوضع 4 موجهات ارضية على بعد λ 1/8 من اسفل القوسين كما هو موضح بالرسم .


1/4λ RG58
Balun

Bottom side to conver to right hand circular polorization


72 cm
27.25 cm
= 1/8 λ
¼ λ
x 4

VHF Egg Beater antenna

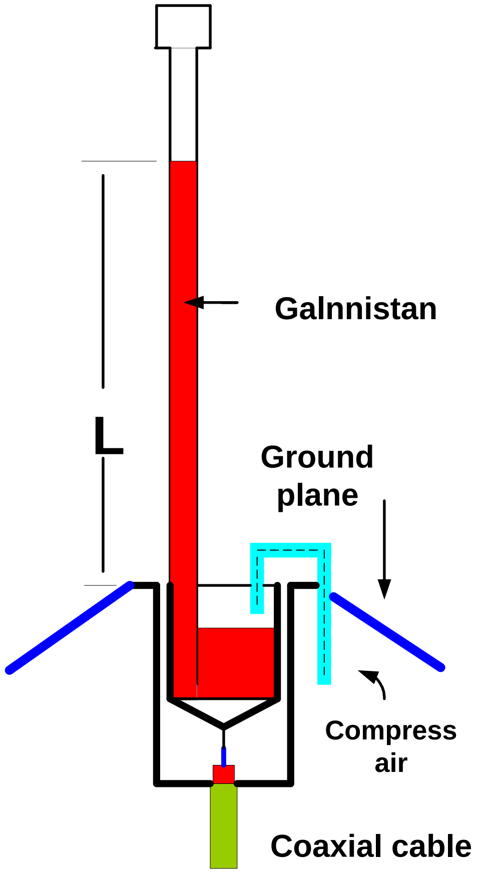


شكل (20 -6) هوائي خفاقة البيض مع موجه ارضي من سلك مانع البعوض الخاص بالشبابيك

10- هوائي المعدن السائل   Liquid metal antenna

من الهوائيات المبتكرة حديثا والغير منتشرة, من الهواة الذين عملو عليه وطوروه الهاوي **Mike Lake KD8CIK** واثرنا التطرق اليه لغرابته وفكرته المميزة الجديدة . يسمى هذا الهوائي ايضا **LM Antenna** الفكرة الاساسية لهذا الهوائي تتكون من معدن سائل كالزئبق مثلا يتحرك خلال انبوب عمودي مع خزان صغير له شبيهه بالثرموميتر (ميزان الحرارة) وهذا الخزان يتصل بمضخة للهواء لتحديد ارتفاع الزئبق في الانبوب العمودي وهذا الارتفاع يمثل طول الهوائي الذي يمكن تغييره وضبط التردد وال **SWR** بواسطة تغيير الضغط في الخزان . وقد صنع نفس الهاوي هوائي ياكي بنفس الطريقة ويتم تغير الاطوال بصورة كلية (جماعية) بنفس المضخة الا انه يحتاج الى تقنية ميكانيكي عالية .

عمليا لايمكن استخدام الزئبق بهذه الصورة لكميته الكبيرة وارتفاع سعره وتاثيره السمي لذا استعيض عنه بمركب يدعى **Galinstan** يتكون من عنصر الكاليوم ومواد اخرى وله قابلية توصيلية ويتصرف كالمعدن السائل الا انه يحذر من استخدام مادة الالمنيوم معه لسهوله ذوبان الالمنيوم فيه ويستعاض عن الالمنيوم بالزجاج او البلاستك ومن الممكن استعمال الماء المالح او الحوامض المعتدلة الطبيعية كالخل او التارتاريك او حامض الليمون ويترك الامر للتجربة واختيار الافضل والشكل المرفق يوضح شكل خزان الكالينستان والانبوب البلاستيكي ومكان دخول الهواء المضغوط .



Liquid metal antenna

شكل (6-21) هوائي المعدن السائل

الهوائيات الموجهة Directional antenna

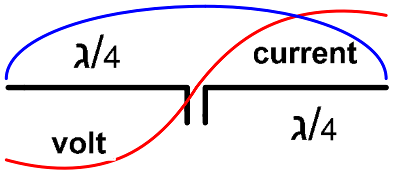
يعتبر هوائي الياكي (Yagi) خير مثال للهوائيات الموجهة يتكون هوائي الياكي من انبوب رئيسي طويل (boom) وتثبت عليه عدد من الموجهات وعنصر الاشعاع والعاكس . يكون العاكس عاده اطول العناصر ويليه طولا عنصر الاشعاع (radiation element) ثم الموجهات المسافات بين هذه العناصر تخضع لمعادلات حسابيه تعتمد اساسا على التردد .هوائيات الياكي عموما تصمم للعمل على ذبذبه واحده الا ان هذا لا يمنع من وجود هوائيات ياكي في ال HF تبث على اكثر من تردد باستخدام دوائر رنين تسمى دوائر المصيده (Trap) حيث يوضع لكل تردد مستخدم دائره رنين (Trap) خاصه به .

كلما ازداد عدد الموجهات زاد كسب الهوائي وضاقت عرض حزمه البث مما يزيد من كفاءة الهوائي وزيادة مدى الارسال و الاستقبال .

هناك نوعين من عنصر الاشعاع في الياكي النوع الاول هو الدايبول المطوي (Folded Dipole) وتكون ممانعته بحدود 300 اوم .و النوع الثاني الدايبول الاعتيادي وتكون ممانعته بحدود (50 الى 75)اوم .

النوع الاول يحتاج لمحول موائمه (Balun) 6:1 او 4:1 لان ممانعه اجهزه الارسال و الاستقبال عاده هي 50 اوم .

من الممكن ربط عناصر الياكي (عاكس وموجهات و اشعاع) مباشره على المحور الرئيسي ال(boom) بدون عوازل بسبب ان الفولتيه تكون صفرا في منتصف العنصر .



Dipole antenna

يضاف عنصر العاكس (الخلفي) لزياده الكسب بالاتجاه الامامي و منع البث بالاتجاه الخلفي لغرض تركيز وحصر قدره البث كلها بالاتجاه الامامي تثبت الياكيات الكبيره المتحركه (HF) على محركات لتدويرها بالاتجاه المطلوب ويوجد مؤشر خاص في جهاز سيطره الهوائي يبين اتجاه الهوائي بالارقام بالنسبه للاتجاهات الاربعه .

ومن الممكن جمع اكثر من هوائي ياكي على التوازي (الواحد فوق الاخر) بمسافات محسوبة وعلى شرط تماثل جميع الهوائيات في الشكل والكسب لزيادة الكسب الكلي للمجموعة بصورة كبيرة . لانه من الافضل والمنطقي زيادة كسب الهوائي على زيادة قدرة الارسال فما فائدة ان يسمعك الاخرون ولاتستطيع سماعهم ......

1 – هوائي ياكي تقليدي

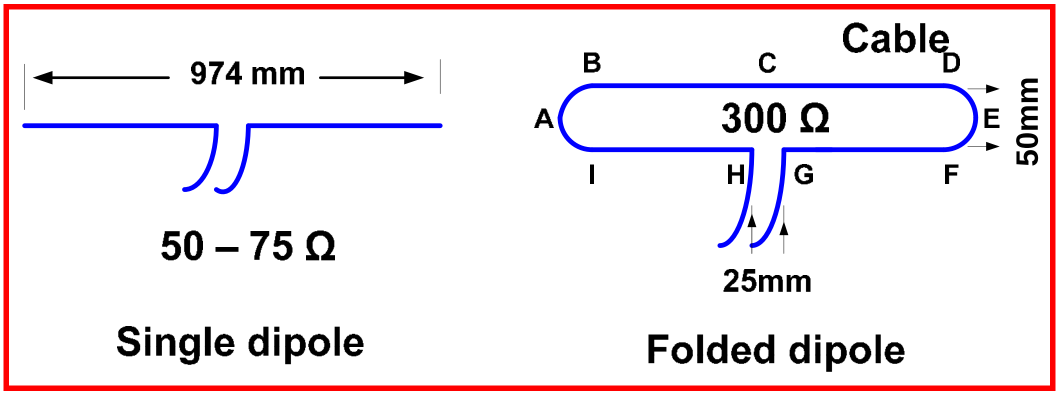
نتناول تصميم لهوائي ياكي على التردد 145 MHz والخاص بالهواة وعادة يختار التردد التصميمي في منتصف الحزمة ليتمكن الهوائي من الاشتغال ب SWR مناسب (اقل من 1.5) على طول الحزمة . يمكن استخدام الياكي بقطبية افقية او عمودية حسب وضعية النصب والتشغيل.
توجد عدة برامج وضعها هواة على شبكة الانترنيت لعمل تصاميم دقيقة لمختلف انواع الهوائيات ومنها الياكي ومن البرامج الجيدة في هذا الموضوع برنامج تصميم هوائي الياكي للهاويين DL6WU & VK5DJ .

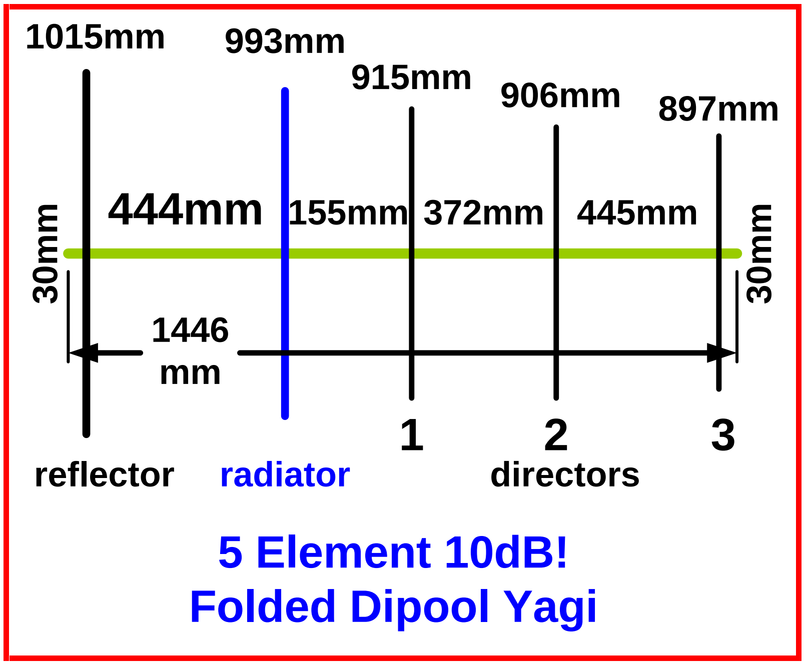
http://vk5dj.mountgambier.org/Yagi/Yagi.html

التردد = 145 MHz
كسب الهوائي = 10dBi
الطول الموجي = 208.8 cm
عرض حزمة البث beam width ب 3 dB = 64 deg
قطر البوم المعدني = 25 mm
قطر العاكس والموجهات = 10 mm
طول البوم الكلي = 1446 mm
طول العاكس = 1015 mm يثبت على بعد 30 mm من نهاية البوم الخلفية.
طول المشع = دايبول مفرد 974 mm يثبت على بعد 444 mm من نهاية البوم الخلفية .
طول المشع = دايبول مطوي 993 mm يثبت على بعد 444 mm من نهاية البوم الخلفية .
طول الموجه 1 = 915 mm المسافة بينه وبين المشع 155 mm وبين نهاية البوم الخلفية 599 mm .
طول الموجه 2 = 906 mm المسافة بينه وبين الموجه 1 372 mm وبين نهاية البوم الخلفية 971 mm .
طول الموجه 3 = 897 mm المسافة بينه وبين الموجه 2 445 mm وبين نهاية البوم الخلفية 1415 mm
تضاف مسافة 30 mm في مقدمة البوم ليصبح طول البوم الكلي 1446mm ويتضمن النهايات المضافة الامامية والخلفية .

قياسات الدايبول المطوي مقاسة من داخل الانحناء :

طول قطعة الدايبول المطوي الكلية (المشع) = 2019 mm
منتصف الدايبول = 1009 mm
الفتحة بين نهايتيه = 25 mm
قطر الانحناء (الثني) = 50 mm
المسافة HI = GF = 459 mm
المسافة HA = GE = 498 mm
المسافة HB = GD = 538 mm
المسافة HC = GC = 1009 mm


974 mm
50 – 75 Ω
Single dipole
Cable
B
C
D
A
300 Ω
E
50mm
I
H
G
F
25mm
Folded dipole


1015mm
993mm
915mm
906mm
897mm
30mm
444mm
155mm
372mm
445mm
30mm
1446
mm
1
2
3
reflector
radiator
directors
5 Element 10dB!
Folded Dipool Yagi

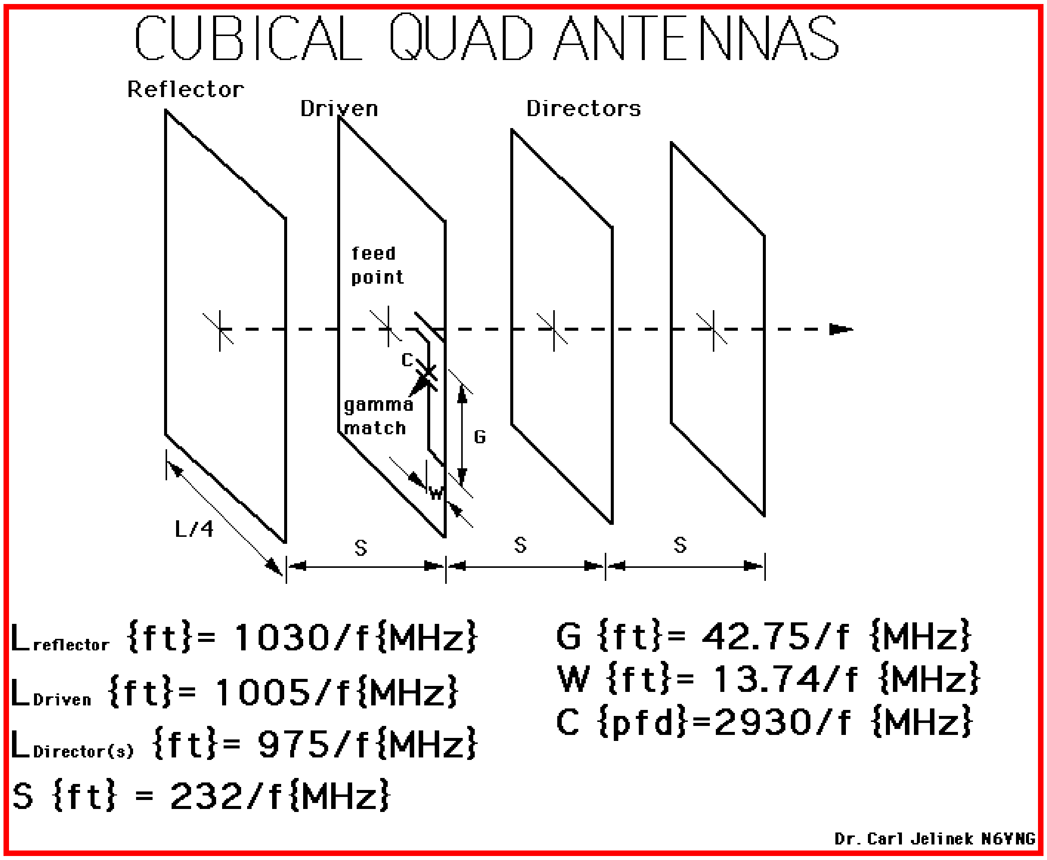
شكل (6-22) هوائي ياكي

2 - هوائي المكعب الرباعي Cubical quad antenna

من الهوائيات الجيدة وذات الكفاءة العالية وهي تشبه الياكي الى حد ما وتتكون عناصرها من مجموعة من الموجهات والعاكس والمشع المربعة الشكل والتي تصمم بنفس المقاييس وتكون المسافات بينها متساوية ويستعمل gamma tuner والتي تكون عبارة عن متسعة متغيرة للحصول على اقل SWR يستخدم هذا الهوائي في ال VHF & UHF وخصوصا في ال 2m و 70 cm لصغر طول الموجة وصغر الهوائي .

هناك عدة برامج لتصاميم هذا الهوائي ومنها هذا البرنامج

http://www.csgnetwork.com/antennae5q2calc.html

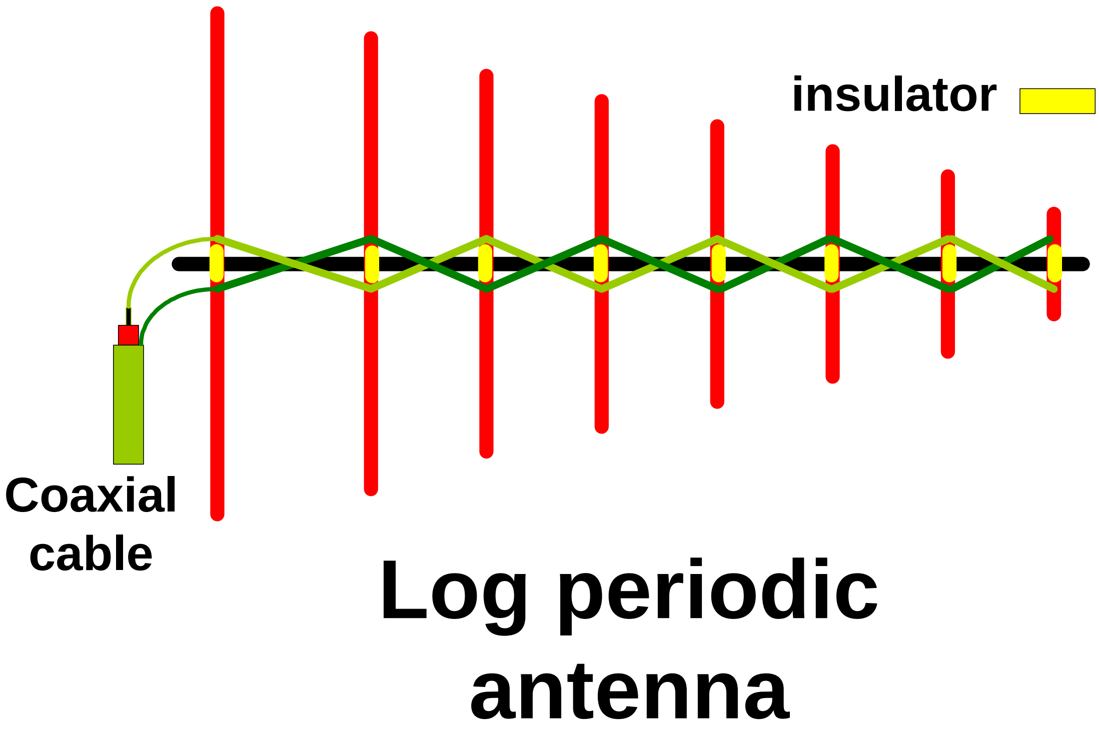

CUBICAL QUAD ANTENNAS
Reflector
Driven
Directors
feed point
C
gamma match
G
W
L/4
S
S
S
Lreflector {ft}= 1030/f{MHz}
LDriven {ft}= 1005/f{MHz}
LDirector(s) {ft}= 975/f{MHz}
S {ft} = 232/f{MHz}
G {ft}= 42.75/f {MHz}
W {ft}= 13.74/f {MHz}
C {pfd}=2930/f {MHz}
Dr. Carl Jelinek N6YNG

شكل (6- 23) هوائي المكعب الرباعي

3 - هوائي Log periodic antenna

هذا الهوائي هو احد انواع الياكي والفرق بينه وبين الياكي ان الموجهات عبارة عن مصفوفة باطوال تتناقص اطوالها تدريجيا باتجاه مقدمة الهوائي وفقا للتصميم وبعلاقة لوغارتمية بين الواحد والاخر , يكون فرق الطور بين العناصر (الموجهات والمشع والعاكس) 180 وذلك بعكس خط التغذية بين عنصر والذي يليه وخط التغذية لايكون من المشع كما في الياكي بل يكون من مقدمة او مؤخرة الهوائي و حسب التصميم , يعمل هذا الهوائي على مدى واسع من الترددات (broad band) ويستخدم في ال HF & VHF & UHF .

توجد عدة مواقع على الانترنيت لتصميم هذا النوع من الهوائيات مثل هذا الموقع



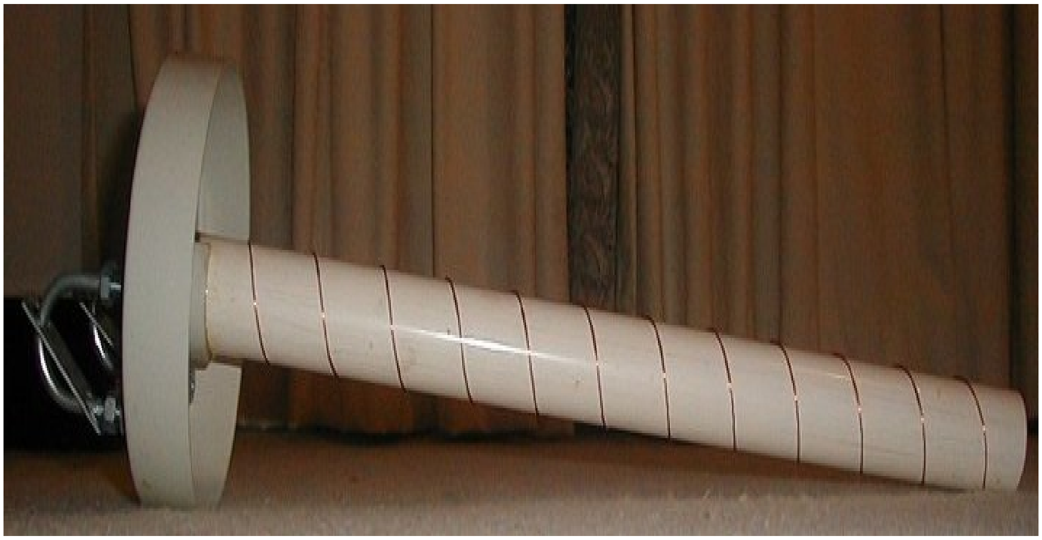
شكل (6-24) هوائي log periodic

4 - هوائي Helical antenna

من الهوائيات الخاصة بال VHF & UHF & Micro wave وذلك لقصر اطوالهما الموجية وهو صغير الحجم وذو كسب عالى , ويستعمل كذلك لاتصالات الاقمار الصناعية لانه ذو استقطاب دائري وهذا مايتطلبه هذا النوع من الاتصالات لان القمر الصناعي هي دوران دائم وكذلك حركة الكرة الارضية .
لذا لايمكن استعمال الهوائيات التقليدية ذات الاستقطاب الواحد كالدايبول وماشابهه . الاستقطاب الدائري لهذا الهوائي على نوعين الاول باتجاه عقرب الساعة ويسمى (Clock wise polarization) والاخر عكس اتجاه عقرب الساعة ويسمى (Anti Clock wise polarization) ويجب ان يتماثل نوعي الاستقطاب بين المرسل والمستقبل (القمر الصناعي والمحطة الارضية) لضمان الاستقبال الجيد .

نموذج لهوائي 2.4GHz وبكسب 18dBi يتكون من انبوب PVC بطول 550mm وقطر خارجي 42mm وقطر داخلي 40mm وقطعة نحاس بقطر 130mm وسمك حوالي 0.7mm كعاكس خلفي وسلك نحاسي بقطر 1mm يلف 12 لفة وغطائي انبوب PVC قطر 40mm و 150mm وقفيصين على شكل U للتثبيت من الخلف كما في الشكل . الموضوع من كتاب ARRL ولمزيد من التفاصيل الفنية ادخل على هذا الموقع :

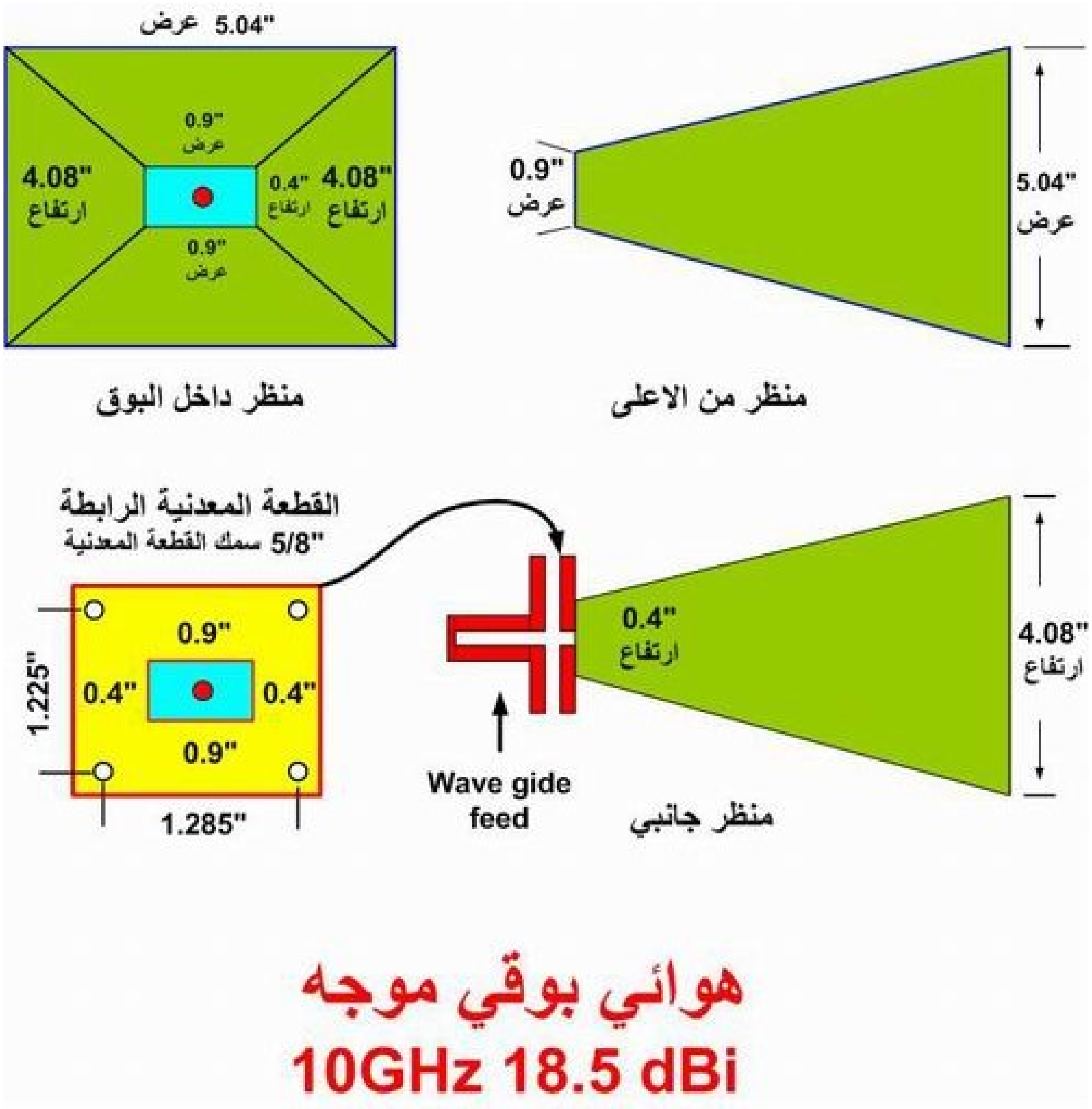
/http://www.wireless.org.au/~jhecker/helix



شكل (6-25) هوائي Helical

5 - هوائي بوقي A horn antenna

يستخدم هذا الهوائي لمدى واسع من الترددات VHF& UHF microwave
ومن الممكن استخدامه مع ترددات اقل الا ان كبر الحجم هي المشكلة الرئيسية
كسبه عالي وصغير الحجم وحجمة يتناسب عكسيا مع التردد يحتاج الى خبرة
ميكاتيكية عالية ودقة في قطع الابعاد ولحامها بصورة صحيحة هذا النموذج
لهوائي بوقي 10GHz بكسب 18.5dBi ويستعمل بقطبية افقية او عمودية
حسب الحاجة , الابعاد والقياسات موجودة في الرسم الهندسي المرفق .


عرض 5.04"
0.9" عرض
4.08" ارتفاع
0.4" ارتفاع
4.08" ارتفاع
0.9" عرض
منظر داخل البوق
0.9" عرض
5.04" عرض
منظر من الاعلى
القطعة المعدنية الرابطة
5/8" سمك القطعة المعدنية
0.9"
0.4"
0.4"
0.9"
1.225"
1.285"
Wave gide feed
0.4" ارتفاع
4.08" ارتفاع
منظر جانبي
هوائي بوقي موجه
10GHz 18.5 dBi

شكل (6-26) هوائي بوقي موجه

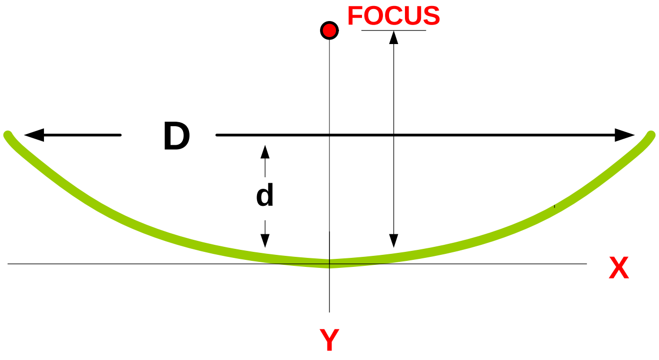
6 - هوائي صحن Dish antenna

من الهوائيات الواسعة الانتشار والمستعملة بكثرة في المايكروويف والاتصالات الفضائية وخاصة مع اجهزة الاستقبال للقنوات الفضائية وهي على نوعين الاول دائري وتكون بؤرته في مركز الدائرة وتبعد بمسافة تعتمد على تصميم الصحن والاخر اهليجي (بيضوي) وتكون بؤرته خارج محيطه ويدعى ايضا Offset antenna ويكون في العادة اكثر كفاءة من الصحن الدائري لان LNB سيحجب جزء من الاشارة بسبب وجوده في منتصف الصحن وعلى العكس من الصحن البيضوي فان وجود LNB خارج الصحن سوف لا يحجب اي جزء من الاشارة .

ويمكن اضافة اكثر من LNB واحد على نفس الصحن البيضوي باستعمال مسطرة خاصة و يوضع LNB الرئيسي في منتصف المسطرة ويوجه الصحن نحو القمر الاوسط وال LNB يمين الرئيسي يستقبل القمر الذي يقع يسار القمر الاوسط وبالعكس . الشكل الهندسي لهذه الهوائيات هو Parabolic .

لحساب البؤرة للصحن الدائري تستخدم العلاقة الاتية :

F = البعد البؤري
D = قطر الصحن من الاعلى
d = المسافة من قعر الصحن الى حافته العليا



$$F = \frac{D^2}{16\,d}$$

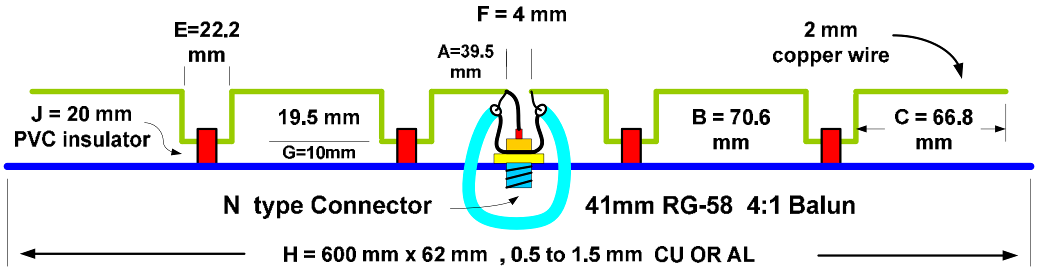
Parabolic antenna

شكل (6-27) هوائي صحن دائري ومعادلة ايجاد البعد البؤري للصحن

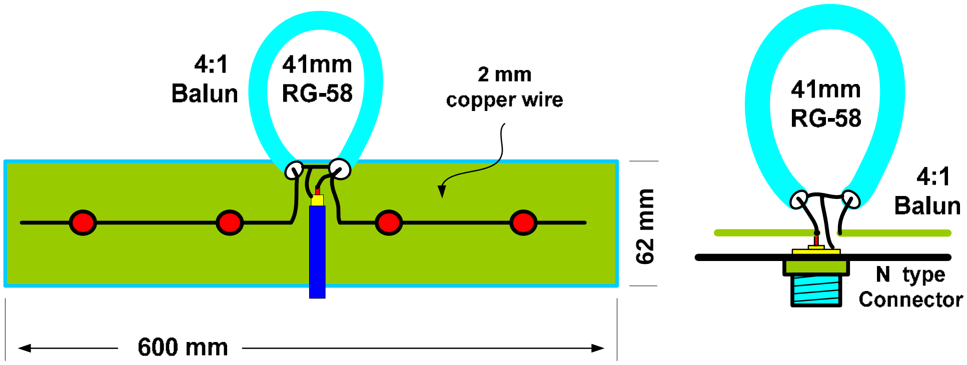
7- هوائي قطاعي Sect oral antenna

من الهوائيات الشائعة الحديثة والكفوءة جدا وتستخدم في الانترنيت والهواتف الخلوية (Mobil) يغطي كل هوائي عادة زاوية قدرها 120 وتستخدم 3 هوائيات لتغطية دائرة كاملة 360 ومن الممكن زيادة العدد الى اربعة هوائيات ليغطي بزاوية 90 ويتم اماله الهوائي من 8 الى 15 مع العمود لعمل التغطية اللازمة للبث .

نتناول تصميم هوائي بتردد 2.4 GHz والخاص بمنظومات الانترنيت لسهولة صنعه وصغر حجمه وكفاءته العالية يتكون من قاعدة 600 x 62mm من الالمنيوم او النحاس او PCB المطلي بالنحاس ومن سلك نحاسي بقطر 2 mm واربعة عوازل PVC يمكن ان ناخذها من قلب كيبل RG-213 بطول 10mm للقطعة وفيشة نوع N type وقطعة من كيبل RG-58 بطول 41mm لعمل Balun 4:1 لان ممانعة الهوائي 200 Ω ولتحويله الى 50 Ω كافة التفاصيل الفنية موجودة في الرسم المرفق .


E=22.2
mm
F = 4 mm
A=39.5
mm
2 mm
copper wire
J = 20 mm
PVC insulator
19.5 mm
G=10mm
B = 70.6
mm
C = 66.8
mm
N type Connector
41mm RG-58 4:1 Balun
H = 600 mm x 62 mm , 0.5 to 1.5 mm CU OR AL

120º 13 dBi sector antenna


4:1
Balun
41mm
RG-58
2 mm
copper wire
62 mm
600 mm
41mm
RG-58
4:1
Balun
N type
Connector

Top view

Side view

شكل (28 -6) هوائي قطاعي

8 – هوائي موكسن Moxon antenna

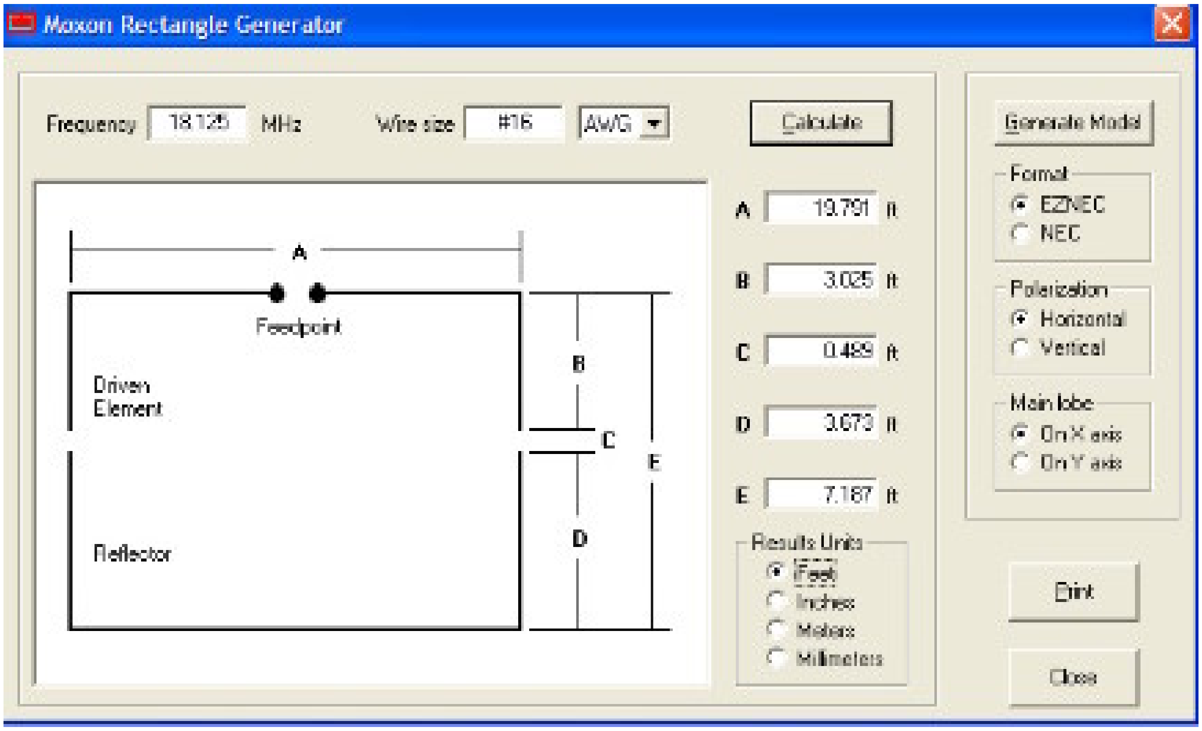
من الهوائيات الحديثة والبسيطة الصنع والكفوءة في عملها وصممت لاستعمالها في نطاق HF لاول مرة ,ابتكره الهاوي الانكليزي ليز موكسن Les Moxon, G6XN وعمل عليه هواه كثيرون وطوروه باشكال وترددات عديدة يمتاز هذا الهوائي بصغر حجمه وخفة وزنه وامكانية تدويره 360 ويمكن ان يعمل بقطبية افقية وعمودية كذلك يمتاز بنسبة عالية لل Forward to back ratio emition والتي تعني بان اشعاعه للجهه الخلفية قليل جدا مما يزيد في كفاءته بالاتجاه الامامي . SWR له في منتصف التردد لايزيد على 1.1 مما يضعه في مصاف الهوائيات الممتازة ويراعى دقة القياسات المعطاة للحصول على نتائج جيدة. يمكن استخدام هذا الهوائي بالقطبية الافقية او العمودية حسب الاستعمال كسب هذا الهوائي حوالي 5.5dBi

هذا الرابط للهاوي KD6WD ويحوي على برنامج شامل لحساب ابعاد هذا الهوائي بمختلف الترددات واقطار الاسلاك او الانابيب المتوفرة لدى الهاوي :

http://www.moxonantennaproject.com/design.htm

تتناول نموذج منه صمم على التردد 145 MHz ويستعمل انابيب بلاستيكية PVC كحامل وكافة القياسات والتفصيلات الفنية في الرسم الهندسي:

صفحة برنامج التصميم ويثبت فيها التردد وقطر السلك او الانبوب المعدني المستعمل واختيار نظام الابعاد بالانج او الملمتر : موجودة في الرابط اعلاه



Moxon Rectangle Generator

Frequency 18.125 MHz

Wire size #16 AWG

A 19.791 ft

B 3.025 ft

C 0.489 ft

D 3.673 ft

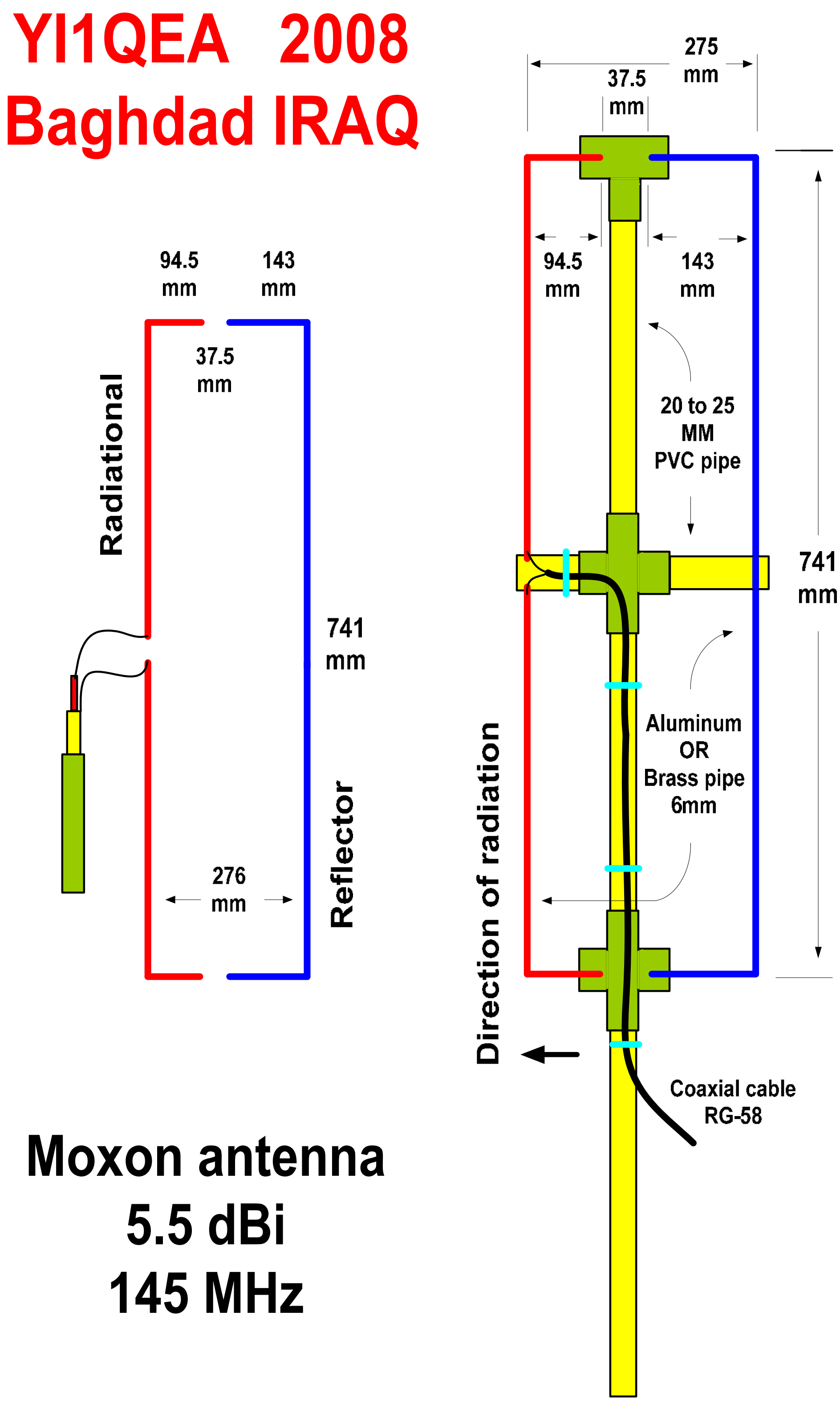
E 7.187 ft

Results Units: ● Feet ○ Inches ○ Meters ○ Millimeters

Format: ● EZNEC ○ NEC

Polarization: ● Horizontal ○ Vertical

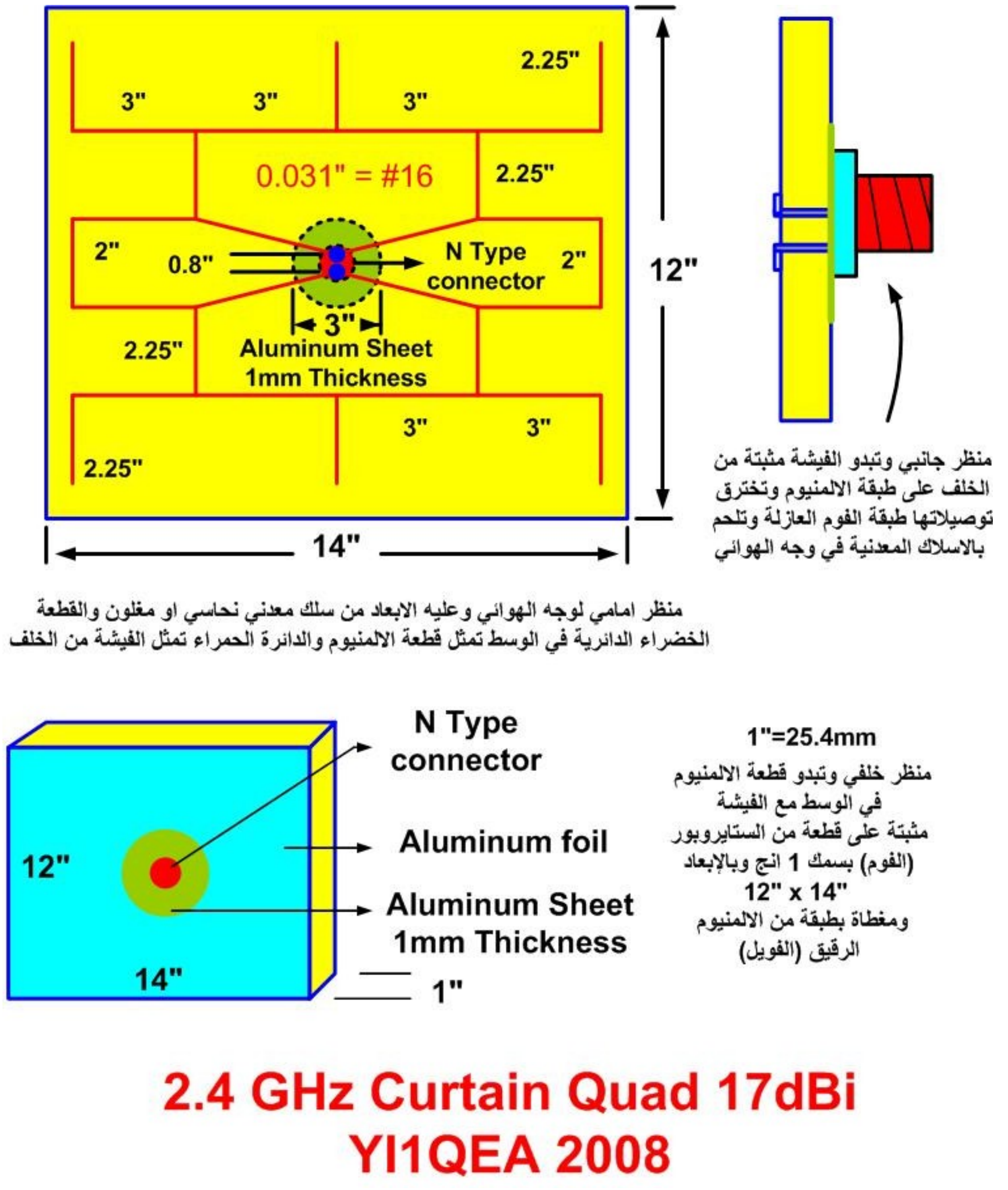
Main lobe: ● On X axis ○ On Y axis


YI1QEA 2008
Baghdad IRAQ
94.5 mm
143 mm
37.5 mm
Radiational
741 mm
Reflector
276 mm
275 mm
37.5 mm
94.5 mm
143 mm
20 to 25 MM PVC pipe
741 mm
Aluminum OR Brass pipe 6mm
Direction of radiation
Coaxial cable RG-58
Moxon antenna
5.5 dBi
145 MHz

شكل (6-29) هوائي موكسون VHF بتردد 145 MHz وكسب 5.5 dBi

9 - هوائي الستارة الرباعي Curtain Quad antenna

من الهوائيات البسيطة والكفوءة جدا يمتاز ببساطته وكسبه العالي وصغر حجمه وعدم احتواءه على أجزاء معقدة ويمكن صناعته بكل سهولة على قطعة من الفوم بسمك 1 انج مغلفة من الخلف بورق الألمنيوم (foil) ومثبت عليها قطعة الألمنيوم الدائرية .كسبه 17dBi ويعتبر من الهوائيات الموجهة . الهوائي منقول عن الهاوي Ross Anderson W1HBQ كافة التفاصيل الفنية موجودة في الرسم الهندسي المرفق .


2.25"
3"
3"
3"
0.031" = #16
2.25"
2"
0.8"
N Type
connector
2"
12"
3"
2.25"
Aluminum Sheet
1mm Thickness
3"
3"
2.25"
14"
N Type
connector
Aluminum foil
Aluminum Sheet
1mm Thickness
12"
14"
1"
1"=25.4mm

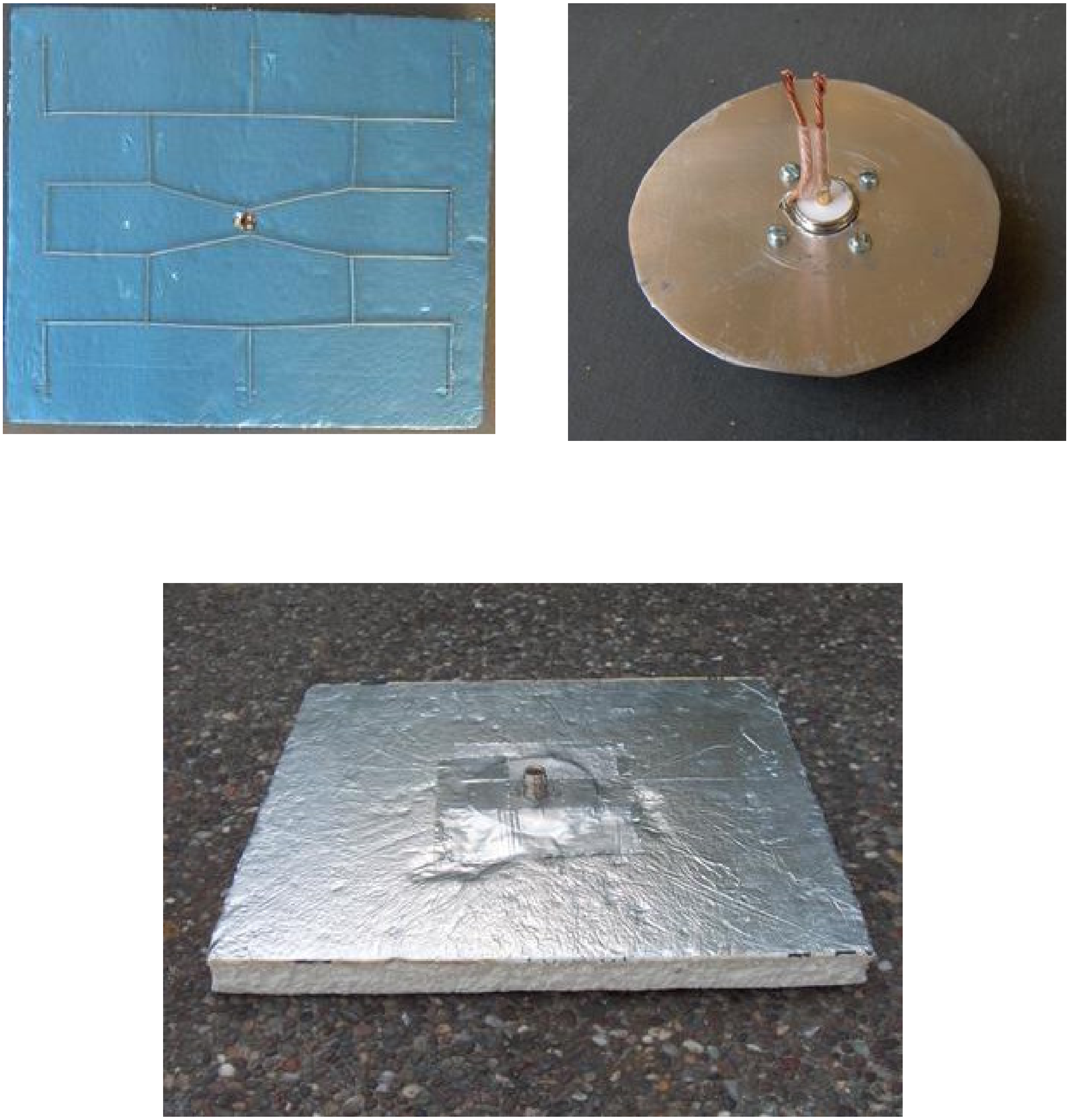
منظر جانبي وتبدو الفيشة مثبتة من الخلف على طبقة الالمنيوم وتخترق توصيلاتها طبقة الفوم العازلة وتلحم بالاسلاك المعدنية في وجه الهوائي

منظر امامي لوجه الهوائي وعليه الابعاد من سلك معدني نحاسي او مغلون والقطعة الخضراء الدائرية في الوسط تمثل قطعة الالمنيوم والدائرة الحمراء تمثل الفيشة من الخلف

منظر خلفي وتبدو قطعة الالمنيوم في الوسط مع الفيشة مثبتة على قطعة من الستايروبور (الفوم) بسمك 1 انج وبالإبعاد 12" x 14" ومغطاة بطبقة من الالمنيوم الرقيق (الفويل)

2.4 GHz Curtain Quad 17dBi
YI1QEA 2008

شكل (6-30) هوائي الستارة الرباعي 2.4GHz وكسب 17dBi



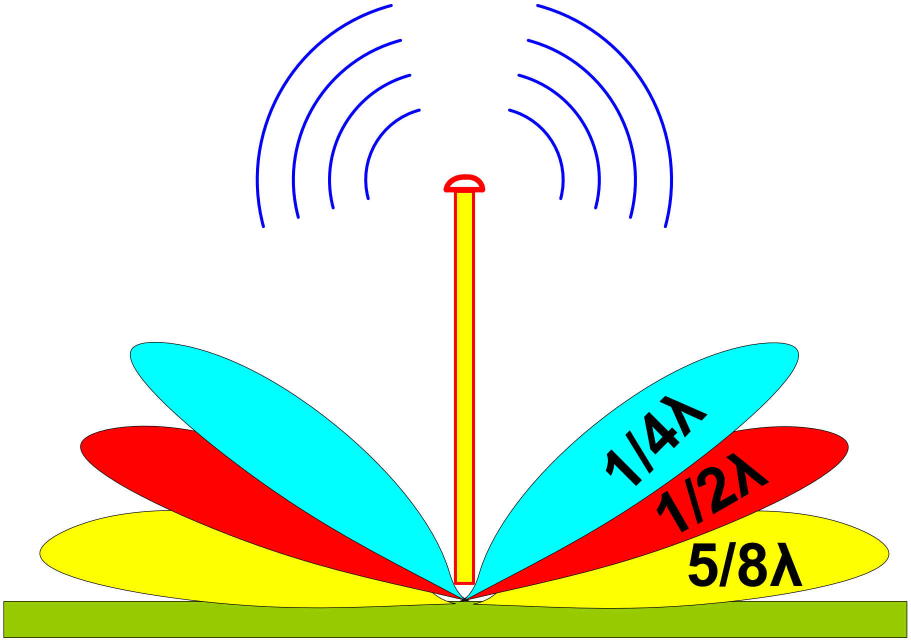
شكل (6-31) صور متنوعة للهوائي

شكل البث والتغطية له علاقة وثيقة بنوع الهوائي المستعمل وخصوصا في نطاق VHF & UHF لذا يجب اختيار نوع الهوائي الملائم للتغطية بصورة صحيحة وحسب طبيعة المنطقة فالمناطق التي تحوي مرتفعات عالية وغير منبسطة يفضل استعمال هوائيات 1/4λ لكون زاوية البث لها كبيرة مع الارض .

اما المناطق التي تكون طبيعتها غير منبسطة ومتموجة يفضل استخدام هوائيات 1/2λ حيث تكون زاوية البث مع الارض اقل من النوع الاول .

المناطق المستوية والمنبسطة تماما يفضل استخدام هوائيات 5/8λ كون زاوية بثها مع الارض صغيرة والتغطية تكون بموازاة الارض تقريبا .

والشكل يوضح الحالات الثلاثة لذلك .



شكل (30-6) إشكال بث الهوائي بالنسبة للطول ألموجي

الفصل السابع

الكيبلات والموصلات ومجهزات القدرة

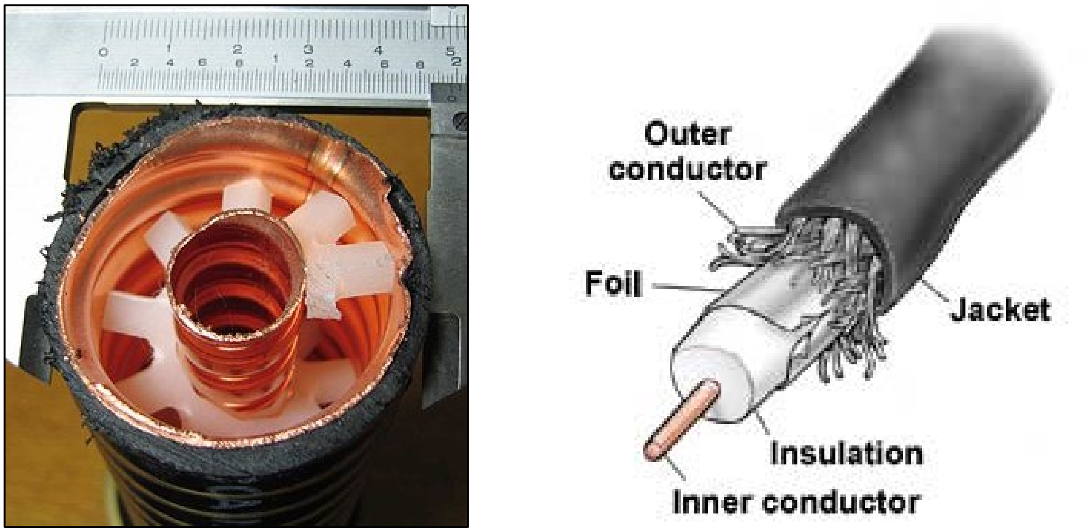
الكيبلات

الكيبل هو الاداة التي تقوم بنقل الاشارة الراديوية او الكهربائية بامانة من موقع الى اخر ودون حصول انبعاث راديوي او كهربائي او التاثر بالتشويش او المجالات المغناطيسية او الضوضاء وباقل فقد ممكن .

وعادة يستخدم الكيبل لنقل القدرة الراديوية من جهاز الارسال الى الهوائي وبالعكس , او يستخدم لنقل القدرة من جهاز الارسال الى المكبر الراديوي او موائم الهوائي او جهاز قياس القدرة الراجعة **SWR** الخ .

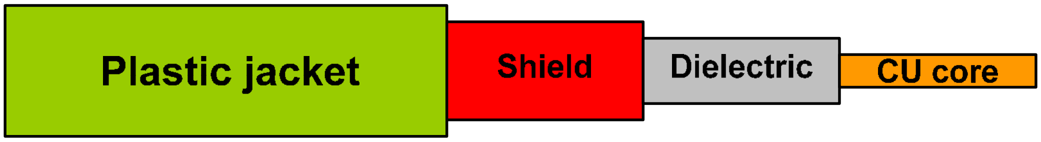
والكيبلات انواع كثيرة ولتطبيقات عديدة الا ان مايهمنا هو مايتعلق بكيبلات الاشارة الراديوية ومكوناتها واستعمالاتها وانواعها .

يتكون الكيبل الناقل للاشارة الراديوية من قلب معدني من مادة النحاس عادة بقطعة واحدة (**Sold**) او ضفيرة من عدة اسلاك (**strand**) او انبوب معدني مجوف في بعض الانواع الكبيرة الحجم باعتبار ان الاشارة الراديوية تأخذ مسار تأثيرالقشرة السطحية (**skin effect**) لان الترددات الراديوية تميل الى الانتقال عبر سطح الموصل وليس بداخله وبتناسب طردي اي كلما زاد التردد كلما كان تأثير القشرة السطحية اكبر وكذلك لتقليل وزن الكيبل لوحدة الطول .



شكل (1- 7) علي اليمين كيبل اعتيادي (**RG-58**) وعلى اليسار مقطع لكيبل (**LDF5**) ويلاحظ ان القلب انبوب نحاسي مجوف وان العازل الرئيسي هو الهواء وهذا الشريط البلاستيكي الحلزوني الابيض هو لتثبيت القلب في المركز .

يحيط بهذا القلب عازل بلاستيكي من **PVC** او **Polyethylene** او **Foam** او اي عازل اخر وقد تحوي هذه العوازل على فجوات هوائية لغرض تقليل ثابت العزل لان ثابت العزل للهواء 1 ولان ثابت العزل كلما كان قليلا كان الكيبل اكثر جودة واقل فقدا للاشارة الراديوية لان السعة الداخلية بين القلب والظفيرة الحاجبة ستكون اقل ما يمكن والهواء هو من اقل ثوابت العزل , وتوجد انواع من الكيبلات الغالية الثمن والكبيرة الحجم والمصممه للاطوال الكبيرة والقدرات العالية يكون الهواء هو العازل الرئيسي فيها بغية تقليل الفقد الى اقل حد ممكن وبعض الكيبلات الخاصة بالارسال لمحطات الاذاعة والتلفزيون والاستخدامات العسكرية تملأ بغازات خاصة بدلا من الهواء وتحت ضغوط معينة لتجنب تغيير اقطارها في مواقع الانثناءات وبالتالي تغيير خواص الكيبل من ممانعة و**SWR** .



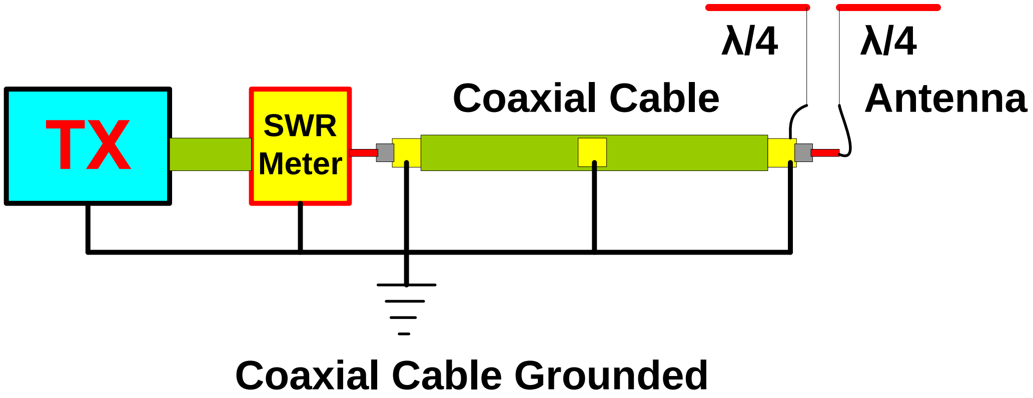
Coaxial Cable

يحيط بهذا العازل ظفيرة من اسلاك تكون من النحاس او من سبيكة قابلة للحام وكلما كانت الظفيرة متشابكة اكثر كان الكيبل اكثر جودة لمنع التسرب بالاشعاع من المسافات مابين الظفيرة وقد يكون شريط من النحاس او الالمنيوم او اي معدن مناسب اخر قابل للحام بدلا من الظفيرة لعمل الحجب الجيد وتستخدم الفضة لطلاء القلب او سطح الظفيرة او المعدن الحاجب لقابلية توصيلها الفائقة وسهولة اللحام معها .

ويغلف العازل احيانا ببعض الانواع من الكيبل بطبقة رقيقة من الالمنيوم (**foil**) تحت الظفيرة زيادة في الجودة ولمنع اي اشعاع كهرومغناطيسي من فتحات الظفيرة الصغيرة وخصوصا في الترددات العالية جدا **VHF & UHF** حيث تكون الاطوال الموجية صغيرة جدا مما يسهل عملية نفوذها .

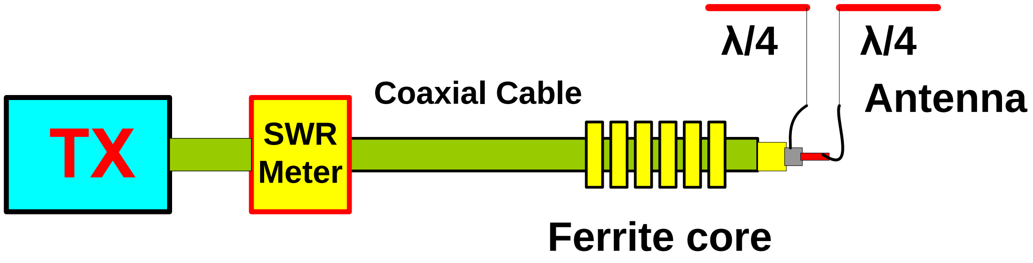
تغطى هذه الاجزاء بطبقة بلاستيكية لحمايتها وضمان عدم تأكسدها وتسرب الرطوبة او مياه الامطار اليها وتكون هذه الطبقة مقاومة للاشعة فوق البنفسجية (التي تأتي من الشمس) ومقاومة للاحماض والتاكل او مقاومة للحرارة كما في بعض انواع الكيبلات وحسب التصميم والحاجة . وبالرغم من كل هذه الاجرائات والاحتياطات المار ذكرها فأن جزء من الموجة الكهربائية لابد من انه سيشع على

شكل موجة كهرومغناطيسية تسبب فقدا في القدرة وتشويشا على الاجهزة المجاورة وخصوصا التلفزيون TVI والطريقة الجيدة لمنع ذلك هو تأريض الكيبل من نهايتيه العليا والسفلى والوسط بمؤرض جيد وكذلك بقية الاجهزة .


λ/4
λ/4
Coaxial Cable
Antenna
TX
SWR
Meter
Coaxial Cable Grounded

شكل (2-7) يوضح طريقة تأريض الكيبل

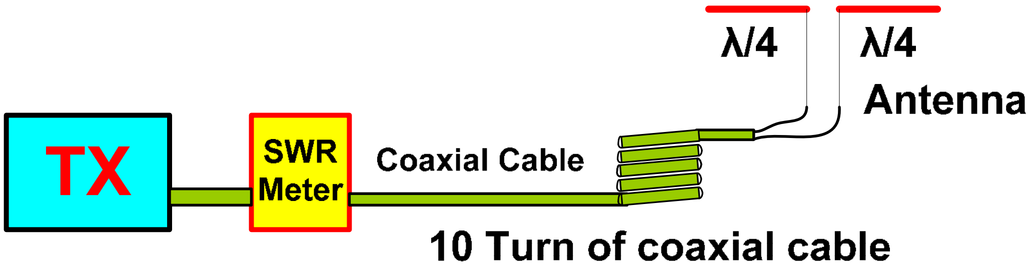
كما ان وضع عددا من حلقات الفيرايت في النهاية العليا (قرب الهوائي) تمنع رجوع الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة من الهوائي واعادة اشعاعها من الكيبل ويجبرها على الانبعاث من الهوائي فقط مما يحسن كثيرا من اداء الهوائي


λ/4
λ/4
Coaxial Cable
Antenna
TX
SWR
Meter
Ferrite core

شكل (3-7) طريقة حلقات الفيرايت لمنع رجوع الموجات المنعكسة من الهوائي

. وكذلك لف عدد من اللفات من الكيبل في النهاية العليا قرب الهوائي في ترددات HF تعمل عمل قطع الفيرايت وفي الترددات VHF وما بعدها لاتلف اكثر من لفة واحدة لمنع دخول الامطار الى داخل الكيبل والا سيكون لهذه اللفات تأثير سيء على القدرة الخارجة الى الهوائي .

كذلك يجب تجنب الانحنائات الحادة للكيبل وانضغاطة في بعض المناطق كحافات الابواب والشبابيك مما ينتج عنة تغير في الممانعة ويؤدي الى زيادة القدرة المرتدة SWR .



شكل (4- 7) طريقة لف الكيبل لمنع رجوع الموجات المنعكسة

السعة الداخلية للكيبل

تنشا سعات داخلية صغيرة بين القلب والحاجب (الظفيرة) وتزداد قيمتها كلما ازادت حجومهما وقلت المسافة بينهما وكبر معامل ثابت العزل بينهما وتزداد قيمتها كذلك بزيادة طول الكيبل وتكون هي السبب في الفقد (Losses)الذي ينشأ في الكيبل والتي يتسرب جزء من الاشارة من خلالها باعتبارها متسعة مربوطة على طرفي الكيبل (القلب والحجاب), والسعة تكون عادة ثابتة لوحدة الطول وحسب نوع الكيبل اما الفقد فيزداد بازدياد التردد (علاقة طردية) و يتصرف الكيبل كاي متسعة ورقية اعتيادية وحسب العلاقة التالية :

$$C = \epsilon \frac{A}{D}$$

C = السعة

ϵ = سماحية العازل

ϵ_o = 8.85 x 10^{-12} سماحية الفراغ

ϵ_r = سماحية العازل = 1 للهواء

A = مساحة الالواح

D = المسافة بين الالواح

$$\epsilon = \epsilon_o + \epsilon_r$$

السعة الداخلية للكيبل تحسب لوحدة الطول كأن تكون بالقدم او المتر وحدتها بيكوفاراد pf (pf = 10^{-12} Farad) وتحسب من العلاقة التالية :

السعة بالبيكوفاراد لكل قدم

$$C = \frac{7.36 \ \text{€}}{\text{Log}\,(D / d)}$$

الحث بالمايكروهنري لكل قدم

$$L = 0.14 \ \text{Log} \frac{D}{d}$$

ممانعة الكيبل

تصمم ممانعة الكيبلات الراديوية عادة 50Ω & 75Ω & 93Ω & 300Ω & 450Ω & 600Ω وفقا للاحتياج . وهنالك جداول بارقام واقطار وممانعات ونوع العازل ومعامل السرعة والسعة لكل قدم واقصى فولتيـة للتحمل . وهذه الممانعات تكون ثابتة لكل الترددات مهما تغيرت . والسبب في ذلك ان ممانعة السعة الداخلية للكيبل (بين القلب والحاجب الشيلد) تقل بزيادة التردد يقابلها زيادة الحث بـنفس النسبة فتبقى الممانعة ثابتة مهما تغير التردد وحسب هذه العلاقة :

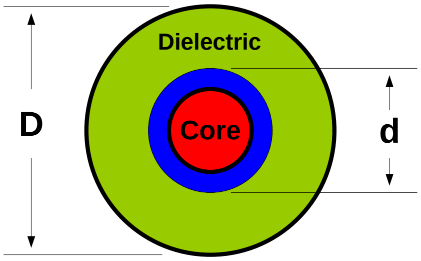
$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Z_o = الممانعة بالاوم Ω

L = الحث بالهنري H

C = السعة بالفاراد F

تعتمد ممانعة الكيبل على نوع العازل بين القلب والحاجب (shield) وقطر القلب والمسافة بينهما ويمكن حسابها بالعلاقة التالية :



Coaxial Cable

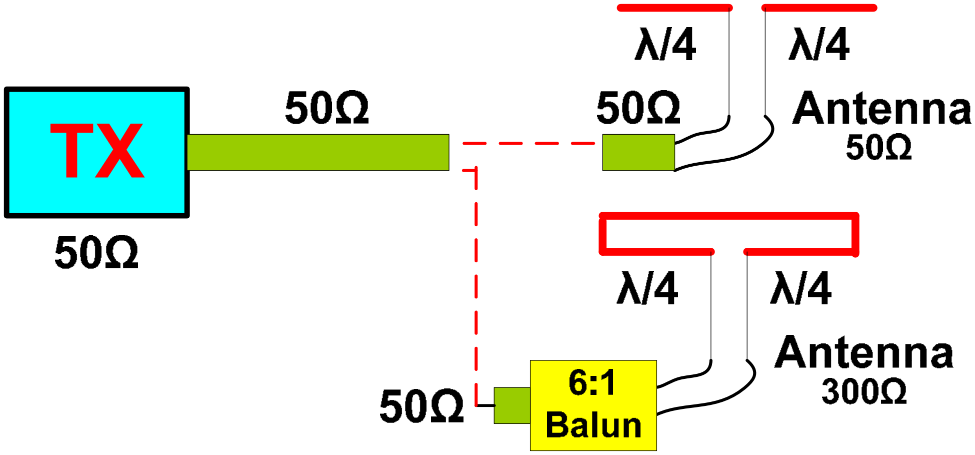
$$Z_o = \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{138}{\epsilon} \text{Log} \frac{D}{d}$$

شكل (7-5) حساب ممانعة الكيبل المحوري

$\epsilon = 1$ في حالة كون العازل هواء او قيمة ثابت العزل في حالة كون العازل غير الهواء .

يجب ان تتساوى ممانعة جهاز الارسال مع ممانعة الكيبل المستخدم مع ممانعة الهوائي لضمان انبعاث كل القدرة الراديوية الخارجة من جهاز الارسال وبدون اي ضياع في هذه الحالة يكون SWR مساويا 1:1 الا ان هذا الامر صعب من الناحية العملية وتعتبر النسبه 1: 1.5 مقبولة . ويجب عدم الارسال عند تجاوز النسبة 2:1 لاحتمال تعرض المكبر الراديوي النهائي الى التلف بسبب ازدياد القدرة الراجعة الى الجهاز .

ممانعة اجهزة الاتصالات تكون عادة 50Ω وهي مقدار ثابت ولا يمكن ان يغير وحسب تصميم الجهاز وكذلك ممانعة الكيبل فيجب اختيار النوع الملائم للاستعمال وبنفس الممانعة 50Ω وهو رقم غير قابل للتغيرايضا يبقى الهوائي وهو اساس المشكله اذ ان اي تغير في الاطوال عن التردد المصمم عليه سيخرجه عن الممانعة 50Ω مما يتسبب زيادة القدرة الراجعة وزيادة SWR لذا يجب العناية بضبط اطوال الهوائي لتجنب الفقد في القدرة ولزيادة كفأءة الهوائي , اما في حالة الهوائيات التي ممانعاتها اكثر من 50Ω كالياكي المطوي مثلا والذي تبلغ ممانعته 300Ω يجب وضع محول موائمة Balun بنسبة تحويل 6:1 او 4:1 لكي نحصل على توافق تام بين ممانعات الهوائي والكيبل وجهاز الاتصال للحصول على اعلى قدرة بث من الهوائي وبدون اي فقد .



شكل (7-6) يبين تساوي ممانعات خط النقل مع الهوائي والجهاز

معامل السرعة للكيبل velocity factor

لكل كيبل معامل سرعة خاص به و يعتمد بصورة اساسية على نوع العازل المستخدم وكلما كان ثابت العزل قليلا كان معامل السرعة للكيبل اكبر ومعامل السرعة يمثل سرعة الموجة الكهربائية في الكيبل مقارنة بسرعة الضوء والتي تبلغ 3×10^8 متر لكل ثانية ويبلغ معامل السرعة للكيبل RG-58 مثلا 0.66 وللكيبل LMR-400 0.87 وكلما كان معامل السرعة كبيرا (يقترب من 1) كان الكيبل اكثر جودة ولايمكن ان يكون معامل السرعة لاي كيبل 1 لان سرعة الموجة الكهربائية في اي موصل معدني تبلغ 0.95 من سرعة الضوء وهي سرعة لايمكن تجاوزها فيزيائيا ويحسب معامل سرعة الكيبل من العلاقة التالية وهو دائما اقل من 1 وبالنسبة المؤية من سرعة الضوء :

$$Vf = \frac{100}{\sqrt{\epsilon}}$$

Vf = معامل السرعة

ويتراوح معامل السرعة لغالبية الكيبلات بين 0.66 الى 0.90 من سرعة الضوء وتحسب الاطوال الموجية في الكيبلات استنادا لهذه السرع وليس لسرعة الضوء . فمثلا اذا كان الطول الموجي لتردد 150MHz هو2m فالطول الموجي لهذا التردد في كيبل RG-58 (VF=0.66) يساوي 2x0.66 = 1.32m والفرق يساوي 0.68m وهو طول لايمكن التغاضي عنه في التصاميم الهندسية الخاصة بالهوائيات والكيبلات .

تردد القطع Cut off frequency

يزداد الفقد في الكيبل عموما بزيادة التردد ويصل الى حد يصبح الفقد به كبيرا جدا وغير عمليا ولكل نوع كيبل تردد قطع خاص به مذكور في الجداول الخاصة بالكيبلات وتكون عادة مقاسة بال GHz ويعتمد تردد القطع على نوع العازل وابعاد الكيبل $(D + d)$ ويمكن حساب تردد القطع لاي كيبل من العلاقة التالية :

$$F = \frac{7.5}{\sqrt{\epsilon}\,(D + d)}$$

F = تردد القطع بالكيكا هيرتز

زمن التأخير Time delay

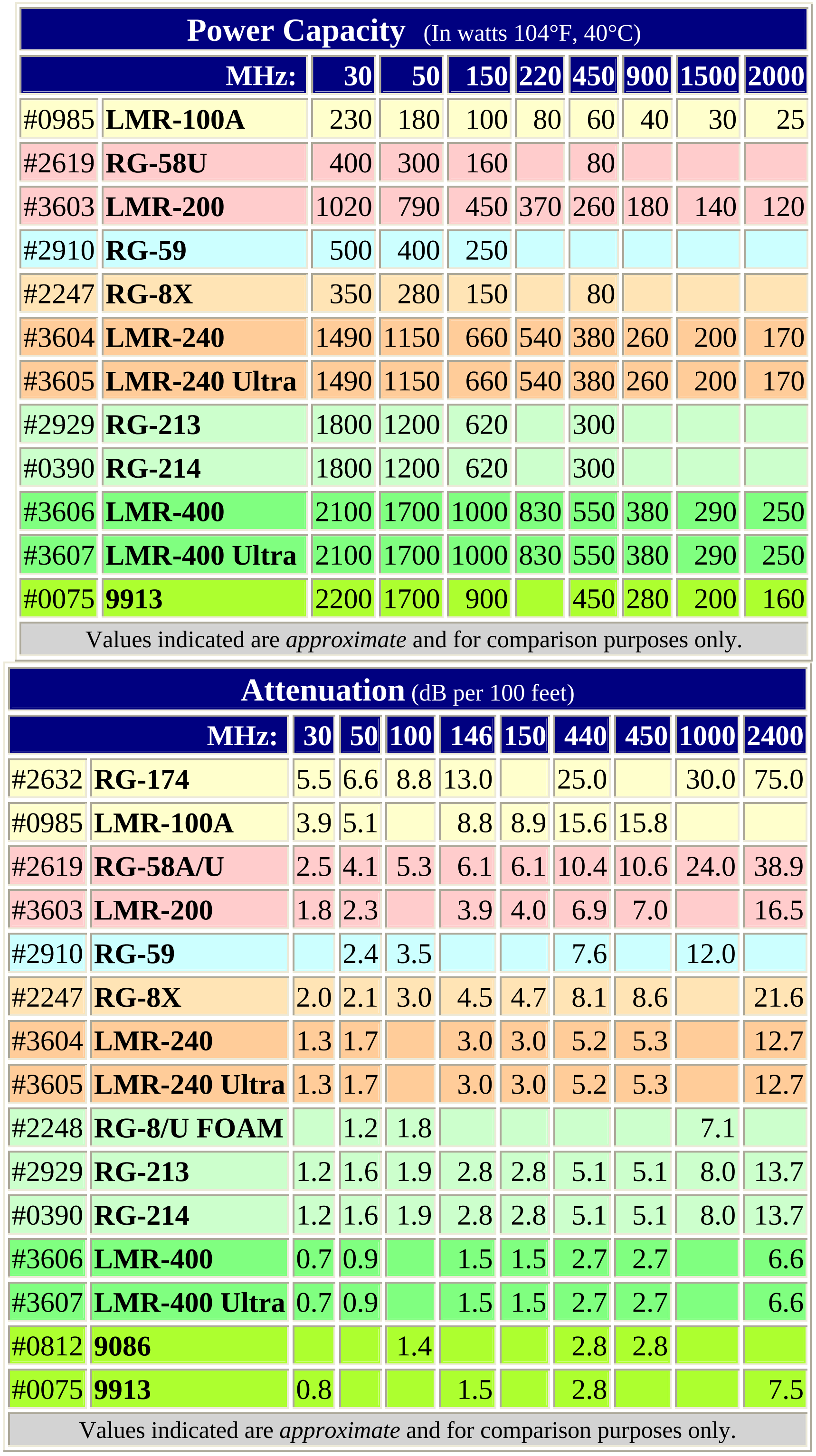
لكل كيبل زمن تأخير خاص به يعتمد على نوعه . زمن التأخير يعتمد بالاساس على طبيعة المادة العازلة ومعامل العزل له وكلما كانت قيمة ثابت العزل قليلة كان زمن التأخير اقل وهو المطلوب. يقاس هذا الزمن بالنانو ثانية / قدم nsec/feet (النانو = 10^{-9}) وكلما كان هذا الزمن اقل كان الكيبل اكثر جودة . يمكن حساب زمن التأخير T_d من العلاقة التالية :

$$T_d = 1.016 \times \sqrt{\epsilon} = \text{nsec/feet}$$

T_d= زمن التأخير نانوثانية/قدم

ممانعة الكيبل الشريطي تختلف عن ممانعة الكيبل المحوري الذي سبق شرحه تبلغ ممانعة الكيبل الشريطي 300Ω وقل استعماله في الوقت الحاضر وكان يستخدم مع اجهزة التلفزيون الاسود والابيض القديمة وهو معرض للتاثيرات الكهربائية والمغناطيسية والعوامل الجوية بسبب عدم وجود حجاب له وتكونه من طبقة واحدة من المادة العازلة .

شكل (7-7) جدول يبين القدرة والفقد لبعض الكيبلات الشائعة لترددات مختلفة



Power Capacity (In watts 104°F, 40°C)

	MHz:	30	50	150	220	450	900	1500	2000
#0985	**LMR-100A**	230	180	100	80	60	40	30	25
#2619	**RG-58U**	400	300	160		80			
#3603	**LMR-200**	1020	790	450	370	260	180	140	120
#2910	**RG-59**	500	400	250					
#2247	**RG-8X**	350	280	150		80			
#3604	**LMR-240**	1490	1150	660	540	380	260	200	170
#3605	**LMR-240 Ultra**	1490	1150	660	540	380	260	200	170
#2929	**RG-213**	1800	1200	620		300			
#0390	**RG-214**	1800	1200	620		300			
#3606	**LMR-400**	2100	1700	1000	830	550	380	290	250
#3607	**LMR-400 Ultra**	2100	1700	1000	830	550	380	290	250
#0075	**9913**	2200	1700	900		450	280	200	160

Values indicated are *approximate* and for comparison purposes only.

Attenuation (dB per 100 feet)

	MHz:	30	50	100	146	150	440	450	1000	2400
#2632	**RG-174**	5.5	6.6	8.8	13.0		25.0		30.0	75.0
#0985	**LMR-100A**	3.9	5.1		8.8	8.9	15.6	15.8		
#2619	**RG-58A/U**	2.5	4.1	5.3	6.1	6.1	10.4	10.6	24.0	38.9
#3603	**LMR-200**	1.8	2.3		3.9	4.0	6.9	7.0		16.5
#2910	**RG-59**		2.4	3.5			7.6		12.0	
#2247	**RG-8X**	2.0	2.1	3.0	4.5	4.7	8.1	8.6		21.6
#3604	**LMR-240**	1.3	1.7		3.0	3.0	5.2	5.3		12.7
#3605	**LMR-240 Ultra**	1.3	1.7		3.0	3.0	5.2	5.3		12.7
#2248	**RG-8/U FOAM**		1.2	1.8					7.1	
#2929	**RG-213**	1.2	1.6	1.9	2.8	2.8	5.1	5.1	8.0	13.7
#0390	**RG-214**	1.2	1.6	1.9	2.8	2.8	5.1	5.1	8.0	13.7
#3606	**LMR-400**	0.7	0.9		1.5	1.5	2.7	2.7		6.6
#3607	**LMR-400 Ultra**	0.7	0.9		1.5	1.5	2.7	2.7		6.6
#0812	**9086**			1.4			2.8	2.8		
#0075	**9913**	0.8			1.5		2.8			7.5

Values indicated are *approximate* and for comparison purposes only.

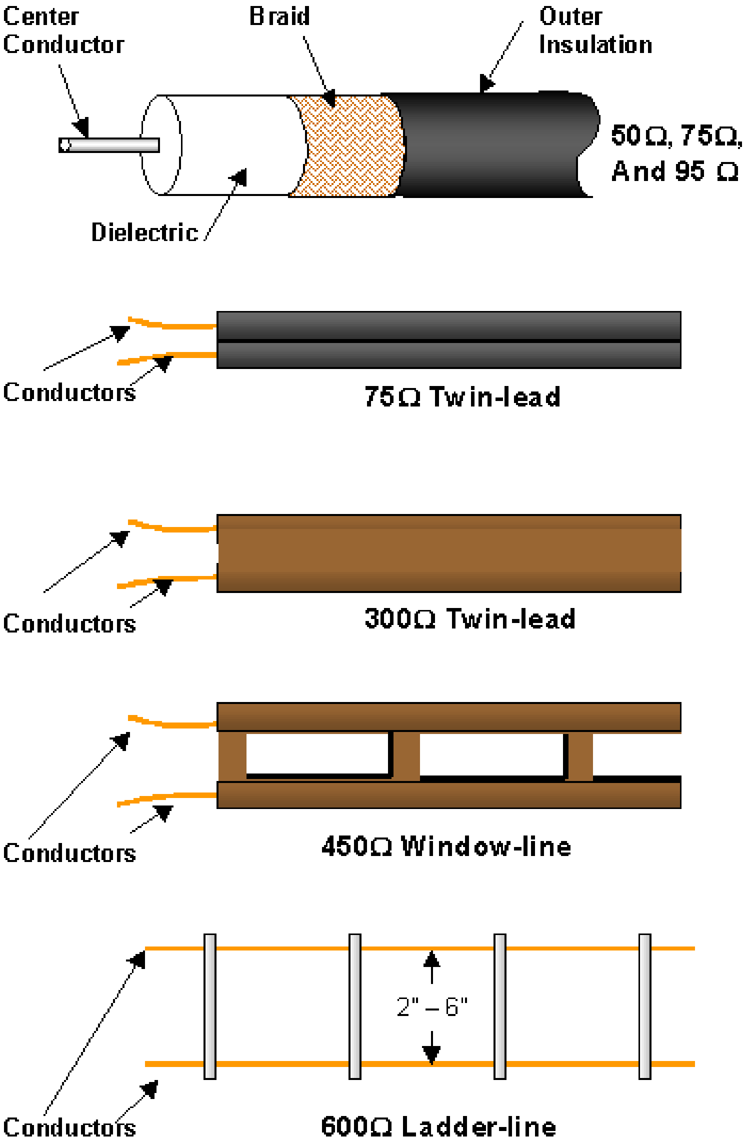
Send e-mail to dx@universal-radio.com

Copyright 2002-2006 Universal Radio, Inc.

انواع من الكيبلات Type of cables

توجد انواع عديدة من الكيبلات ولكن مايهمنا هو كيبلات RF الخاصة بالاتصالات وهي على انواع واشكال وممانعات مختلفة , منها الكيبل الاعتيادي ذو ممانعة 50Ω و 75Ω والمزدوج ذو 75Ω والشريطي ذو 300Ω والمشبك ذو 450Ω والسلمي ذو 600Ω

وكما في الاشكال التالية :


Center Conductor
Braid
Outer Insulation
50Ω, 75Ω, And 95 Ω
Dielectric
Conductors
75Ω Twin-lead
Conductors
300Ω Twin-lead
Conductors
450Ω Window-line
2" – 6"
Conductors
600Ω Ladder-line

شكل (7- 8) انواع من الكيبلات

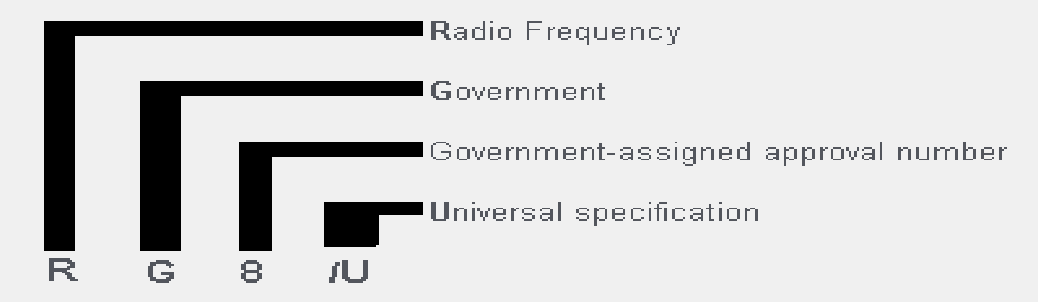
ماذا يعني حرفي RG الخاصة بالكيبلات (اكثر انواع الكيبلات انتشارا)

حرفي RG مع الرقم والخط المائل (RG8/U مثلا) هي مختصرات وضعت بدلا من الكلمات الطويلة وتكتب على الكيبل او تسمى به .

R = الموجات الراديوية Radio frequency وتعني ان الكيبل مخصص لذلك
G = الحكومة الامريكية American Government
8 = الرقم الحكومي المصدق والموافق عليه
/u = الخصائص العالمية المستعملة للكيبل

يعني هذا ان الكيبل للموجات الراديوية RF وخاضع للشروط والمواصفات القياسية الحكومية الامريكية المصدقة مع خصائص استعمالاته .

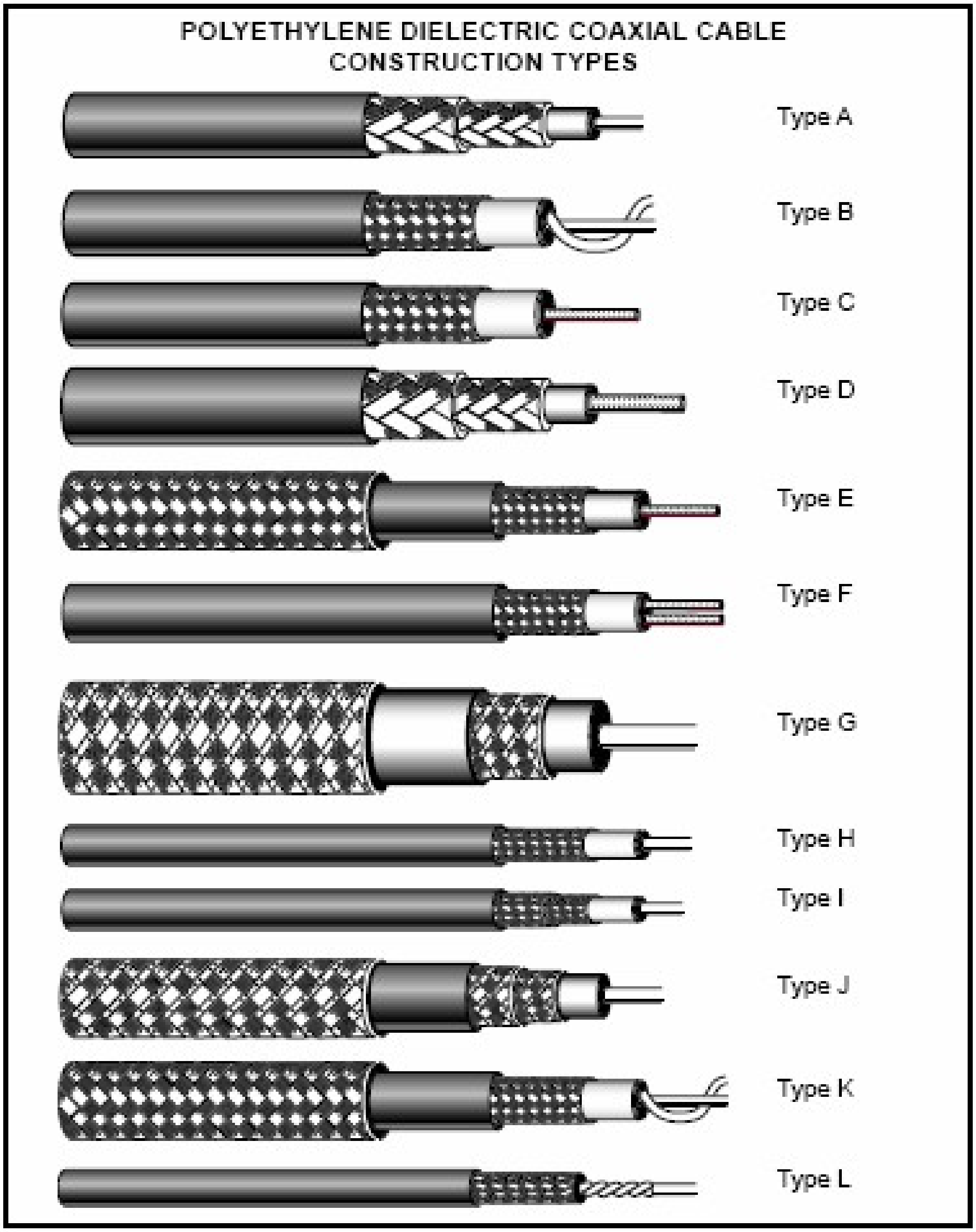
اذا كتبت حروف قبل الخط المائل (RG8A/U مثلا) يعني هذا الكيبل قد طور بموصفات افضل ويمكن ان يحل محل RG8/U .


Radio Frequency
Government
Government-assigned approval number
Universal specification
R
G
8
/U

AWG مختصر لكلمات "American Wire Gauge"

وهي تعني القياسات الامريكية لأحجام الموصلات (الاسلاك)

جدول بانواع وتركيب الكيبلات ذي العازل البولي اثيلين

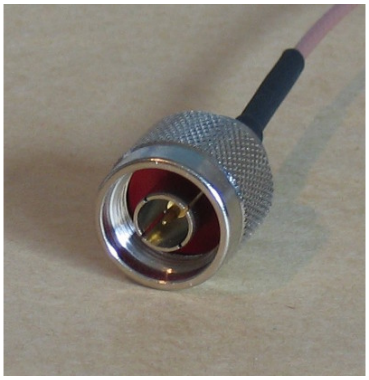

POLYETHYLENE DIELECTRIC COAXIAL CABLE
CONSTRUCTION TYPES
Type A
Type B
Type C
Type D
Type E
Type F
Type G
Type H
Type I
Type J
Type K
Type L

Connectors type انواع الموصلات

توجد انواع كثيرة من الموصلات التي تستعمل مع الكيبلات بمختلف انواعها واحجامها وسنتناول الشائع منها بنبذ مختصرة .

N type -1

هذا الموصل استخدم في التطبيقات العسكرية في الاصل وصمم ليعمل على ترددات لغاية 1GHz وابتكره نيلز من شركة بل عام 1940 وسمي بالحرف الاول من اسمه, المتوفر حاليا يصل مداه الى 11GHz لكن شركة HP الامريكية استطاعت تطويره ليصل مداه الى 18GHz بتقنيات خاصة وهو على نوعين 50Ω و 75Ω ويستخدم مع الانواع السميكة والرفيعة من الكيبل على السواء مثل RG-8 و RG-58 وهو شائع الاستعمال في الاتصالات والانترنيت والاجهزة المختبرية ذات الترددات العالية .



شكل (7-9) N type

BNC – 2

استحدث هذا النوع من الموصلات في بداية الخمسينات واستخدم في بداية السبعينات ويستخدم في الاجهزة الالكترونية كالاوسيلسكوبات ومولدات الاشارة وفي الهوائيات وللهواة , هذا النوع مقارب للموصل RCA وهو موصل اشارة جيد للترددات اللاسلكية المستخدمة في الاتصالات التناظرية والرقمية ويتوفر على نوعين 50Ω و 75Ω يصل مدى عمله الى 2GHz . وهو سهل الاستخدام وصغير الحجم .

شكل (7-10) BNC

TNC – 3

هذا الموصل ابتكر في نهاية الخمسينات وهو نسخة مطورة من ال BNC ويعمل لغاية 11GHz وهو صغير الحجم ايضا ويستخدم في مجموعة واسعة من التطبيقات منها في اجهزة اللاسلكي والتطبيقات السلكية واجهزة ال wi fi وهو على نوعين 50Ω و 75Ω .

شكل (7-11) TNC

4 - F Type

يستخدم غالبا في الاتصالات التلفزيونية واجهزة الستلايت ويستخدم مع الكيبل RG-6 و RG-59 وهو ذو ممانعة 75Ω ابتكر سنة 1950 صغير الحجم وسهل التركيب ويعمل لغاية تردد 1 GHz .

شكل (7-12) F Type

5 - SMA

من الموصلات الصغيرة الحجم والعالية التردد حيث يصل مداها الى 18GHz وممانعته 50Ω ويستخدم في اجهزة الاتصالات العالية التردد وخصوصا اجهزة ال wi fi .

شكل (7-13) SMA

6 - SMB

من الموصلات الصغيرة الحجم وحجمها اصغر من SMA وتستخدم مع كيبل رفيع 3mm وتكون بممانعه 50Ω و 75Ω استحدث في الستينات .

7 - SMC

من الموصلات الصغيرة الحجم متوفرة بممانعة 50Ω و 75Ω وهي توفر الاداء الممتاز لترددات لحد 10GHz .

8 - TV Arial plug

موصل من اقدم الموصلات في الترددات اللاسلكية صنع في انكلترا سنة 1922 ولا زال يستخدم لحد الان وكان استخدامه في البداية في الترددات الاذاعية وله ممانعة 75Ω ويستخدم حاليا في التلفزيونات المحلية ولا يستخدم في اجهزة الاتصالات الفضائية , وهو غير صالح للاتصالات التناظرية ذات التردد العالي جدا .

شكل (7-14) TV Arial plug

9 – MCX

من الموصلات الحديثة صنع سنة 1980 ويستخدم في هوائيات واتصالات المطارات في الترددات العالية جدا وما فوق العالية جدا له ممانعة 50Ω ويعمل لغاية 6GHz وهو صغير الحجم وسهل الاستعمال.

شكل (7-15) MCX

10- MMCX

وهو من الموصلات الحديثة جدا صنع 1990 وهو يشبه ال MCX ولكنه اصغر منه ويحوي على مفصل له القابلية على الدوران 360 وله ممانعة 50Ω ويعمل لغاية 6GHz ويستخدم في ال wi fi وكارتات ال PCI .

شكل (7-16) موصل MMCX

11 – C connector

هو نوع ممتاز من الموصلات يستخدم للتوصيل بين الكيبلات المختلفة اخترعه المهندس كارل كونسلمان وهو مقاوم جيد للظروف الجوية وذو حجم متوسط ويتوفر بمانعتين 50Ω و 75Ω وقريب الشبه بال BNC ولكن اكبر منه حجما . ويلاحظ المخروط البلاستيكي في المنتصف والذي يعشق مع المخروط بالجهة الاخرى لمنع الرطوبة والاتربه من الدخول .

شكل (7-17) موصل C

12 – UHF OR PL259

من الموصلات الشائعة الانتشار لحد الان ومصمم منذ الحرب العالمية الثانية حيث كان يستخدم في تطبيقات الرادار . هذا الموصل لايعمل بشكل جيد في الترددات فوق 300MHz ومن الخطأ ان يسمى UHF يمكن استخدامه مع كيبل محوري ذو قطر كبير مثل RG-8 وصغير مثل RG-58 ويسمى ايضا PL259 ويستخدم في هوائيات الاتصالات ومن قبل هواة الراديو ايضا .

شكل (7-18) موصل UHF

13 – MOTOROLA CONNECTOR

هذا الموصل من الانواع القديمة ولايزال يستخدم لحد الان في هوائيات راديوات السيارة ويستخدم ايضا مع هوائيات اجهزة السكانر (المسح الراديوي) . ويستخدم مع الكيبلات الرفيعة مثل RG-58 .

شكل (7-19) موصل موتورولا

14- musa

من الموصلات المتعددة الاستخدام وهو طور اساسا لاستخدام التحويل اليدوي لاشارات الرادار له ممانعة 50Ω يستخدم في الاتصالات السلكية واللاسلكية والفديو وهو من الموصلات الجيدة الاداء وكذلك المحطات الراديوية .

شكل (7-20) موصل musa

15 - Mini – Ultf

وهو نوع مصغر من موصلات ال UHF صمم في البداية للاستخدام في اجهزة الموبايل وتطبيقات مماثلة حيث صغر الحجم يؤخذ بنظر الاعتبار .

16 - QMA & QN

من الموصلات التي صممت بدل من موصلات SMA (حيث يستخدم لبث بقدرة عالية ولتردد 18ghZ) وبدل موصل N-Type (الذي يستخدم للبث بقدرة متوسطة وبتردد 11GHz) وهو متوفر منذ سنة 2003 , الهدف الرئيسي من تصميمه هو :-

1- تقليل حجم الموصل مع بقاءه ملائم لاداء الالكتروني .

2 – لتوفير امكانية الدوران ل 360 للكيبل.

ومن اهم التطبيقات التي يستخدم فيها هذه الانواع من الموصلات في محطات الهاتف الخلوي والهوائيات .

17 – APC-7

وهو من الموصلات التي تستخدم في اجهزة المايكروويف المختبرية ويعمل لغاية 18GHz وهو غير ملائم للاجهزة الحديثة التي تعمل بترددات اعلى من 18GHz ولذلك فهو ليس شائعا ويعتبر من الموصلات الباهضة الثمن لذلك قلما يستخدم خارج المختبر وهو يستخدم في نطاق المايكروويف لان له معامل انعكاس قليل ومن صفات هذا الموصل :-

1- يمتلك سطح عاكس

2- له معامل انعكاس قليل و SWR قليل وقلة معامل الانعاس تعني الدقة في القياس حيث اكبر SWR تصل الى 1.04:1 عند تردد 18GHz .

18– EIA

يستخدم هذا الموصل للربط بين خطوط نقل غير مرنة او نصف مرنة بقدرات وترددات عالية يتم تصميم موضع الاتصال (flange) وفق قياسات ثابتة حسب مواصفات الموصل RS225 ذو الممانعة 50 Ω او RS259 ذو الممانعة 75Ω

شكل (7-21) موصل EIA

19 - Hirose U.FL

وهو موصل مصغر لموصلات ال RF عالية التردد اعلى من 6GHz صنعت من قبل مجموعة Hirose الالكترونية اليابانية وهي واسعة الاستخدام في اجهزة اللاب توب وفي ربط هوائيات ال wi fi الى PCI كارت ويمكن لحام هذا الموصل بالكارت مباشرة وهو ذو ممانعة 50Ω .

شكل (7-22) موصل Hirose U.FL

مجهزات القدرة Power supply

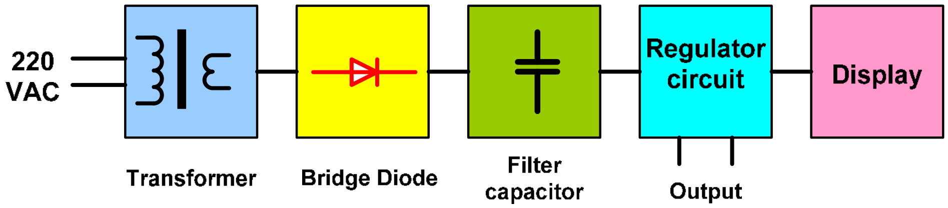
تعتبر مجهزات القدرة من الاجهزة الضرورية والمهمة في عالم الالكترونيات وخصوصا لاجهزة الاتصالات والمختبرات وغيرها .
وتستخدم لامداد الاجهزة الالكترونية بالفولتيات المختلفة التي تحتاجها سواء كانت AC OR DC وتستخدم كذلك لشحن البطاريات المختلفة وهي على انواع :

1 – **Transformer type** وهي المثالية والغالية الثمن والاطول عمرا والاقل ضوضاءا والاكثر كفاءة واستقرارا والاثقل وزنا والاكبر حجما.
2 - **witching mod** وهي المنتشرة والارخص ثمنا والاكثر استعمالا والاكثر ضوضاءا والاقل كفاءة واستقرارا والاخف وزنا والاصغر حجما.
3 - **UPS** وهي المجهزات الخاص بالحاسبات الالكترونية .

1 – Transformer type

تحوي هذه المجهزات على محول كهربائي لتقليل فولتية التيار العمومي من 220v الى فولتية اقل حسب المطلوب وتكون عادة بين 5 -24 VAC وبتيار من 1A الى 20A تقريبا حسب نوع المجهز يتم تحويل هذا التيار المتناوب الى تيار مستمر بواسطة ثنائي قنطرة (bridge diode) اما على شكل full wave او Center tap او Half wave ولكل نوع مزياه ومساوءه . ثم ينعم هذا التيار النبضي الناتج بواسطة متسعات كيمياوية كبيرة السعة (Filter) قيمتها تعتمد على تيار المحولة وتكون بحدود 2000 µf تقريبا لكل 1A وفولتية التحمل للمتسعة تكون عادة اعلى من الفولتية الناتجة بحوالي 30 % , تجهز بعض الانواع بدائرة تنظيم الفولتية لتثبيت الفولتية الخارجة بغض النظر عن تيار الحمل وكذلك دائرة تحديد التيارالخارج . وفي الانواع الجيدة من هذه المجهزات توضع شاشة الكترونية لبيان مقدار الفولتية او التيار الخارج وكذالك تجهز بمشتتات حرارة ومراوح داخلية للتبريد لاحتمال ارتفاع درجة حرارتها في الاجواء الحارة ولتيارات الحمل العالية .

توجد انواع اخرى تكون الفولتية والتيار الخارجين قابلة للتغيير ومزودة بمقاومات متغيرة (volume) من الخارج لاختيار الفولتية والتيار المطلوب وتكون مزودة بمقاييس تماثلية او رقمية لتبيان التيار والفولتية الخارجيين .

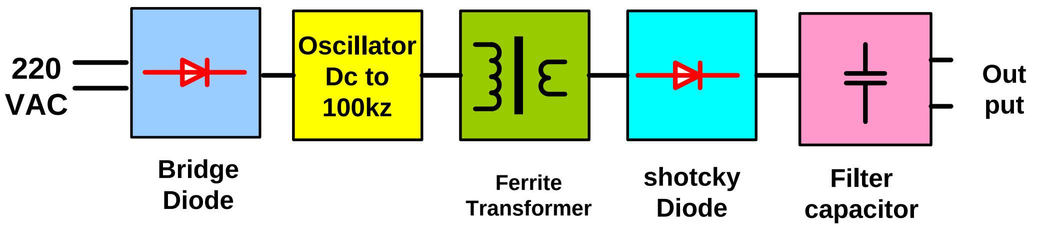


Block Diagram of regulated power supply

شكل (7-23) مخطط مجهز القدرة ذو المحولة

Switching mode - 2

هذه المجهزات لاتحتوي على محولات قدرة و السبب الرئيسي في انتشارها كونها رخيصة الثمن ومقبولة الاداء وتيار الخروج فيها عالي بالنسبة لحجومها الصغيرة واخراجها بعدة فولتيات وحسب الحاجة تستخدم على نطاق واسع في الوقت الحاضر في الحاسبات (Computer) واجهزة الاتصالات وشاحنات الموبايل وغيرها . مبدأ عملها يتركز في توليد تردد حوالي 100KHz من التيار العمومي بعد تحويله ال DC لغرض استخدام محولات الفيرايت الصغيرة الحجم جدا والخفيفة الوزن والتي تشتغل على الترددات العالية مقارنة بالمحولات التقليدية الثقيلة ذي 50Hz اضافة الى سهولة توحيد وتنعيم (Filters) بثنائيات شوتكي ومتسعات صغيرة القيمة والحجم بسبب التردد العالي للتيار الخارج . من مساوئها احداث ضوضاء احيانا في بعض الاجهزة التي تستخدمها او التي بالقرب منها بسبب التوافقيات التي يولدها المذبذب الرئيسي فيها وتجهز بمراوح للتبريد لمنع ارتفاع درجة حرارتها .


220
VAC
Oscillator
Dc to
100kz
Out
put
Bridge
Diode
Ferrite
Transformer
shotcky
Diode
Filter
capacitor

Block Diagram of switching mod. power supply

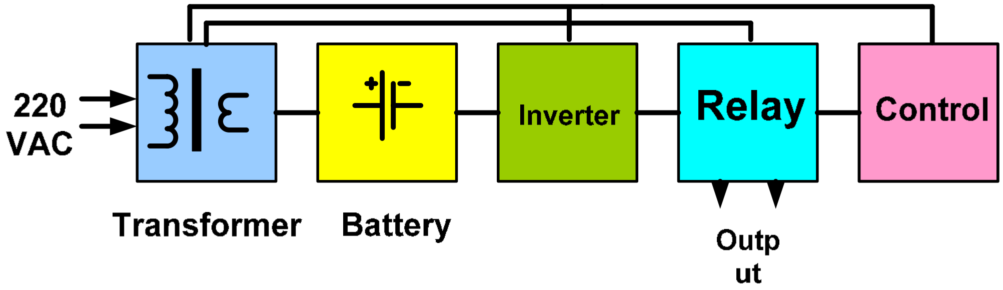
شكل (7-24) مخطط لمجهز قدرة بدون محولة

شكل (7-25) مجهز قدرة للحاسبات

3- UPS Uninterruptible power supply

وهي المجهزات الخاصة بالحاسبات الالكترونية وتعني المجهزات الدائمة الامداد او غير القابلة للقطع . وتستخدم لامداد الحاسبة بالتيار الكهربائي 220VAC لفترة قصيرة تعتمد على حجم UPS وسعة البطاريات وهي فترة لاتتجاوز الساعة الواحدة في الانواع الجيدة الصغيرة (1200W) وذلك لتجنب توقف الحاسبة عند انقطاع التيار الكهربائي فجأة وضياع المعلومات غير المخزونة .

تتكون من بطارية 12V or 24V حسب نوع المجهز ومن شاحنة صغيرة له ودائرة عاكس (Inverter) لتحويل فولتية البطارية المستمرة الى 220VAC بموجة مربعة (Squire Wave) لتشغيل الحاسبة . في الحالة الطبيعية (عند وجود التيار الكهربائي) تقوم بامراره مباشرة (By pass) وشحن البطارية وعند انقطاعه يتحول اليا الى Inverter عبر مرحّل (Relay) في زمن قصير جدا لتستمر الحاسبة بالعمل وعند رجوع التيار الكهربائي يتوقف Inverter اليا ويرجع التيار عبر By pass وتستمر العملية بهذه الصورة .



Block Diagram of UPS power supply

شكل (7- 26) مخطط لمجهز القدرة للحاسبات غير القابل للقطع

شكل (27 -7)
مجهز القدرة للحاسبات
غير القابل للقطع

المحولات Transformers

تعتبر المحولات من القطع الكهربائية المهمه والتي لاغنى عنها في كافة الاجهزة الالكترونية وبعض الاجهزة المنزلية كافران المايكروويف وبعض الاجهزة الصناعية كمكائن لحام القوس الكهربائي (Arc welding) وغيرها من الاجهزة التي سهلت وخدمت البشرية في الحياة العامة .

تستخدم المحولات عادة لرفع او خفض الفولتية المتناوبة ويعتمد التيار الناتج على قدرة المحولة والتي تتحدد بمساحة مقطعها الداخلي اي قلبها (Core) وكلما زادت مساحة القلب ازدادت قدرة وحجم المحولة . المحولات على انواع واحجام وفولتيات مختلفة وسنتناول شرح عام وبعض العلاقات الرياضية البسيطة لغرض التوضيح اذ ان الموضوع واسع ولايمكن ان يكتمل في صفحة او صفحتين .

تتكون المحولة عموما من ملفين الاول يسمى الملف الابتدائي (primary) وهو ملف الدخول , والملف الثانوي (Secondary) وهو ملف الخروج ولايوجد اي اتصال مباشر بينهما اذ تنتقل الطاقة على شكل حث مغناطيسي بين الملفين . تعتمد المحولة في رفع او خفض الفولتية على عدد اللفات لكل من الملفين والنسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي والثانوي في حالة كون الملف الثانوي اقل عددا من الملف الابتدائي تعتبر محولة خافضة للفولتية وتعتبر رافعة للفولتية في الحالة العكسية وهذا لايمنع من وجود ملفات اخرى للحصول على فولتيات متنوعة .

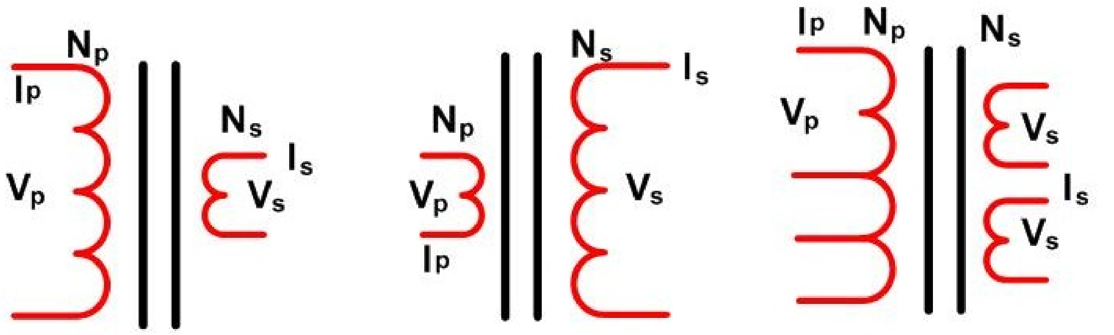
اقطار اسلاك الملف الثانوي تكون اسمك من الابتدائي (محولة خافضة) وبالعكس لان تقليل فولتية الملف الثانوى يصاحبة زيادة في تياره لان الطاقة ثابتة تقريبا في الجهتين الواط = (الفولت x الامبير) الابتدائي = (الفولت x الامبير) الثانوي .

يلف الملفين على قلب من الحديد المطاوع على شكل صفائح متجاورة متماسكة لتقليل الفقد المغناطيسي والهسترة لزيادة كفاءة المحولة هذه المحولات تصمم عادة على تردد 50Hz او 60Hz وتسمى محولات التيار العمومي (Main) وتوجد محولات للترددات الصوتية تختلف بالشكل والتصميم والذبذبة وهناك ايضا محولات للترددات العالية تستخدم مادة الفيرايت كقلب وسبق شرحها في الفصل الثالث .

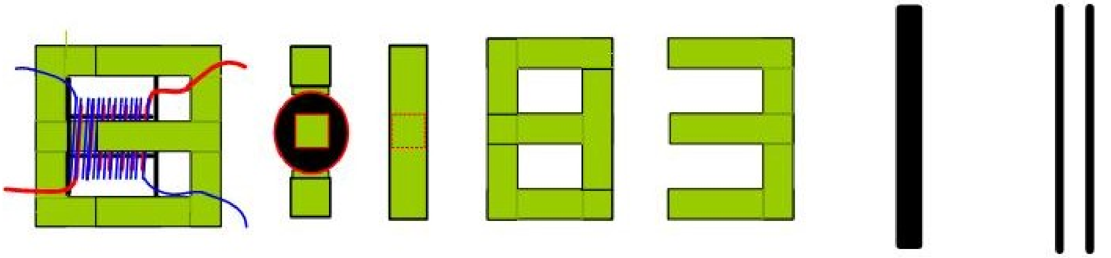
توضع مادة عازلة بيت كل طبقه من الملفات كالورق المشمع او مادة المايلار العازلة والشبيهه برقائق اشعة X الطبية او غيرها .

القدرة الخارجة من المحولة تقل بحوالي 15% عن القدرة الداخلة (كفاءة المحولات عموما من 80% الى 90%) بسبب ضياعها كحرارة او فقد مغناطيسي . قدرة المحولة تقاس بالواط وتثبت عليها مع فولتيات الدخول والخروج في لوحة معدنية او ورقية مثبتة عليها او بارقام خاصة تستخرج من جداول المحولات الخاصة بالشركة الصانعة .

المحولات الجيدة والغالية الثمن تغلف بغطاء معدني مؤرض لمنع الاشعاع المغناطيسي منها او التأثير على القطع الالكترونية المجاورة وخصوصا في المكبرات .


N_p
I_p
V_p
N_s
I_s
V_s
N_p
V_p
I_p
N_s
I_s
V_s
I_p
N_p
V_p
N_s
V_s
I_s
V_s

محولة خافضة بعدة ملفات   محولة رافعة للفولتية   محولة خافضة للفولتية



قلب حديدي   قلب فيرايت   قلب حديدي   منظر علوي

شكل (28 -7) رسوم تخطيطية للمحولات مع القلوب المعدنية

N_p = عدد لفات الملف الابتدائي

N_s = عدد لفات الملف الثانوي

V_p = فولتية الملف الابتدائي

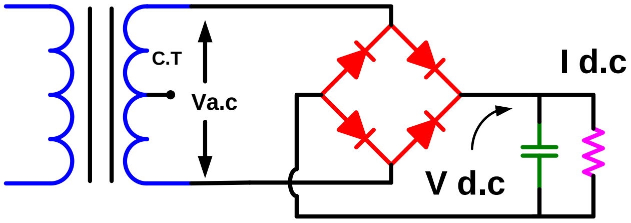
V_s = فولتية الملف الثانوي

I_p = تيار الملف الابتدائي

I_s = تيار الملف الثانوي

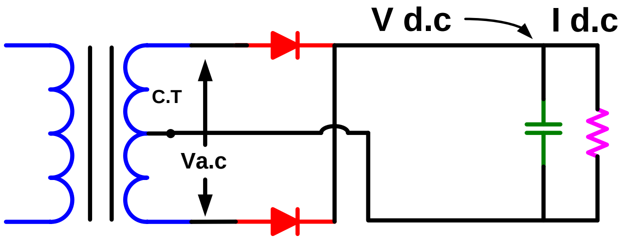
$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

المعادلة العامة للمحولات


C.T
Va.c
I d.c
V d.c

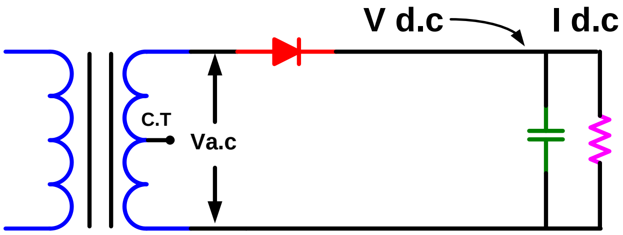
V d.c. = 1.41 x V a.c.
I d.c. = 0.62 x I a.c.

Full- wave Bridge capacitive input filter


V d.c
I d.c
C.T
Va.c

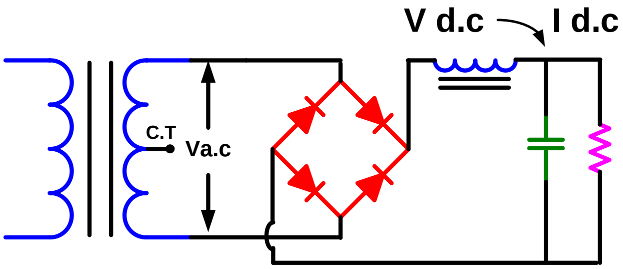
V d.c. = 0.71 x V a.c.
I d.c. = 1.0 x I a.c.

Full- wave capacitive input filter


V d.c
I d.c
C.T
Va.c

V d.c. = 1.41 x V a.c.
I d.c. = 0.28 x I a.c.

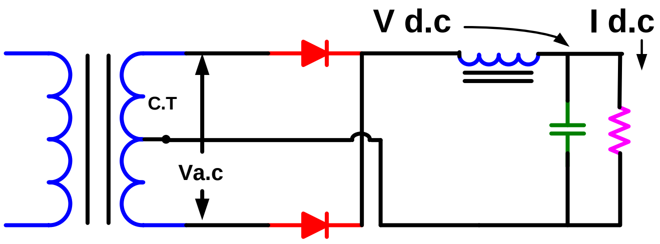
Half- wave capacitive input filter


V d.c
I d.c
C.T
Va.c

V d.c. = 0.90 x V a.c.
I d.c. = 0.94 x I a.c.

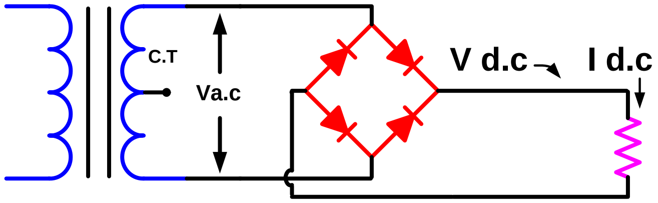
Full- wave Bridge choke input filter

شكل (7- 29) طرق ربط الثنائيات (Rectifier) مع المحولات والفولتيات والتيارات الناتجة .


V d.c
I d.c
C.T
Va.c

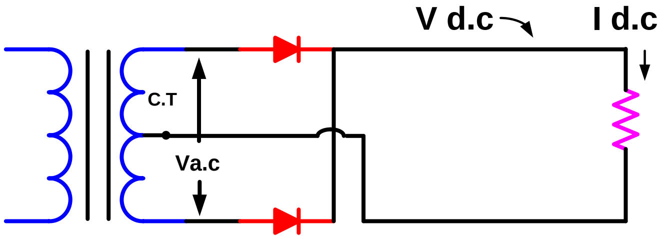
Full- wave choke input filter

V d.c. = 0.45 x V a.c.
I d.c. = 1.54 x I a.c.


V d.c
I d.c
C.T
Va.c

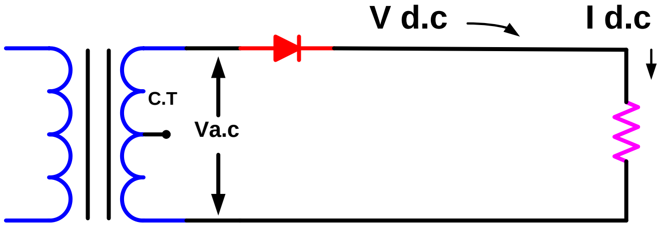
Full- wave Bridge resistive load

V d.c. = 0.90 x V a.c.
I d.c. = 0.90 x I a.c.


V d.c
I d.c
C.T
Va.c

Full- wave Resistive Load

V d.c. = 0.45 x V a.c.
I d.c. = 1.27 x I a.c.


V d.c
I d.c
C.T
Va.c

Half- wave Resistive Load

V d.c. = 0.45 x V a.c.
I d.c. = 0.64 x I a.c.

شكل (30 - 7) طرق ربط الثنائيات (Rectifier) مع المحولات والفولتيات
والتيارات الناتجة .

البطاريات Batteries

تعتبر البطاريات في الوقت الحاضر من القطع المهمة والتي لايمكن الاستغناء عنها في كثير من الاجهزة الالكترونية مثل الموبايل والحاسبات و الكاميرات واجهزة الاتصال المحمولة (وكي توكي) والسيارات وغيرها .
البطاريات تقوم بتحويل الطاقة الكمياوية الى طاقة كهربائية وبالعكس في حالة الشحن . عمر البطارية واداؤها له صلة وثيقة بطريقة شحنها واستعمالها اذ ان الشحن العالي السريع والسحب العالي للتيار يقلل من عمرها كثيرا لذا يجب الانتباه الى ذلك . تقاس البطارية بفولتيتها وسعتها التي تقاس بال Ampere / Hour فمثلا البطارية التي يكتب عليها 12V 10A/h تعني ان فولتيتها 12 فولت وان سعتها 10 امبير لكل ساعة اي انها تستطيع تجهيز 10 امبير لمدة 1ساعة او 5 امبير لمدة ساعتين وهكذا (نظريا) والحقيقة ان هبوطا تدريجيا بالفولتية يبدأ في الثلث الاخير تقريبا من زمن السحب اذا اقترب من سعتها الكلية ففي المثال السابق تستطيع البطارية تجهيز 10 امبير لمدة 45 دقيقة ثم يبدا التيار والفولتية بالتناقص التدريجي (عمليا) .
تيار الشحن للبطارية يعتمد على الفولتية المسلطة عليها يزداد بزيادته ويقل بنقصانه تيار الشحن المناسب والقياسي لغالبية البطاريات بانواعها هو حوالي 5% من قيمة سعتها الكلية فمثلا تيار الشحن لبطارية السيارة ذات السعة 60A/h يبلغ 3A الا ان هذا التيار ممكن ان يزداد في بداية الشحن وخصوصا اذا كانت البطارية غير مشحونة.

ناخذ مثال البطاريه الرصاصيه المستخدمه في السياره (المركم الرصاصي) تستخدم حامض الكبريتيك المخفف H_2SO_4 مع اقطاب رصاصيه احدهما يمثل القطب الموجب اوكسيد الرصاص ذو اللون البني (pbo_2) والاخر القطب السالب (pb) ذو اللون الرصاصي . تتكون البطارية من ستة خلايا معزولة عن بعضهما البعض وموصلة على التوالي كل خلية تنتج 2V فيكون المجموع 12V .
تجهز البطارية الحديثة المشحونة شحنا جافا (dry charge) من المنشأ بدون محلول حامضي وهذا لا يعني انها شحنت في المنشأ انما صنعت الاقطاب الموجبة من مادة (pbo_2) والاقطاب السالبة من الرصاص النقي (pb) وبمجرد اضافة المحلول الحامضي اليها يبدأ العمر الفعلي التشغيلي لها والذي يقدر بحوالي سنتان وتبدأ بتجهيز التيار بدون الحاجة الى شحن (بعد تركها 24 ساعة بعد اضافة المحلول بدون استعمال لتصل الى حالة الاستقرار) .
كثافة المحلول المضاف 1.3 بقراءة الهايدرومتر (المكثاف) وهذه القيمة تكون في كون البطارية مشحونة تماما, كثافة المحلول تقل في حالة فقد البطارية لشحنتها وعندما تصبح 1.1 بسبب تكون الماء من التفاعل الكيمياوي وتخفيف المحلول تكون البطارية فاقدة الشحن وعند شحنها ثانية ترتفع كثافة المحلول الى 1.3 .

كثافة المحلول	1.3	(البطارية مشحونة)	full charge
كثافة المحلول	1.2	(البطارية نصف مشحونة)	half charge
كثافة المحلول	1.1	(البطارية فارغة)	empty charge

تتصاعد بعض الابخرة المؤذية من اكاسيد الكبريت خلال عملية الشحن لذا يجب التاكد من وجود فتحات في اغطية الخلايا او فتح اغطية الخلايا خلال الشحن والشحن في مكان جيد التهوية .

المعادلات الكيميائية في حالة التفريغ Discharge

القطب الموجب (تفريغ) (a). $PbO_2 + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O + O$

القطب السالب (تفريغ) (b). $Pb + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2$

المعادلة النهائية (c). $PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4 + 2H_2O$

المعادلات الكيميائية في حالة الشحن Charge

القطب الموجب (d). $PbSO_4 + 2H_2O = PbO_2 + H_2SO_4 + H_2$

القطب السالب (e). $PbSO_4 + H_2O = Pb + H_2SO_4 + O$

المعادلة النهائية (f). $2PbSO_4 + 2H_2O = PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4$

شكل(31 -7) بعض انواع البطاريات الحديثة المستخدمة في الاجهزة الالكترونية

تصنف البطاريات على حسب طريقة التفاعل الكيميائي المستخدمة في أنتاج الطاقة ..

نوع البطارية	الجهد	قوة البطارية	المقاومة الداخلية	قابله للشحن	التكلفة
Carbon Zinc	1.5فولت	ضعيفة	عالية	لا	منخفضة
Alkaline	1.5فولت	عالية	عالية	لا	متوسطة
Lithium	3.0فولت	عالية جدا	منخفضة	لا	عالية
Nickel Cadmium	1.2فولت	متوسطة	منخفضة	نعم	متوسطة
Lead Acid	2.0فولت	متوسطة	منخفضة	نعم	متوسطة
Nickel Hydride	1.2فولت	عالية	X	نعم	عالية جدا
Lithium Polymer	1.2فولت	عالية	X	نعم	عالية جدا
Sodium Sulfur	X	عالية	X	نعم	عالية جدا
Zinc Air	1.5فولت	عالية جدا	عالية	نعم	عالية جدا
Zinc Bromine	X	عالية	X	نعم	عالية جدا

🟧 بطاريات قصيرة العمر من النوع الرخيص تستخدم في تشغيل الأجهزة الالكترونية

🟪 البطاريات الأصلية المستخدمة في تشغيل الأجهزة الالكترونية

🟨 البطاريات القديمة المستعملة في أجهزة الجوال وأجهزة التلفون اللاسلكية

🟩 بطارية السيارة

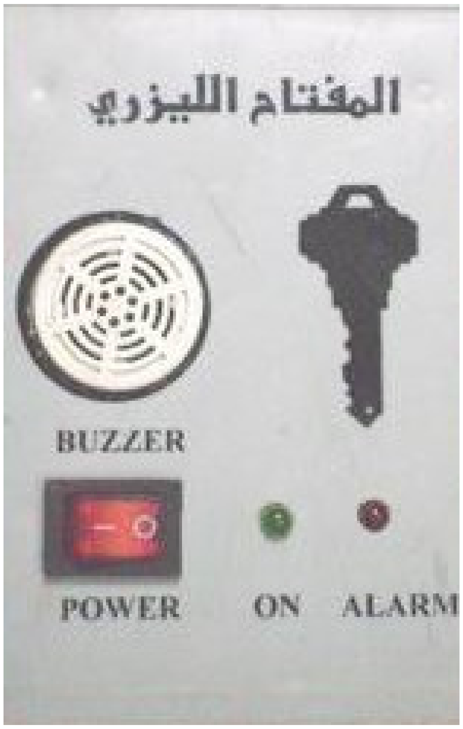
🟦 البطاريات الحديثة ولمستخدمه بشكل واسع الآن في أجهزة الجوال والتلفونات اللاسلكية

الفصل الثامن

نتناول في هذا الفصل بعض الدوائر الالكترونية المفيدة والتي تستخدم في تطبيقات عديدة وبعض الجداول المهمة والتي لاغنى عنها للمهتمين بالالكترونيات ومواقع على شبكة الانترنيت خاصة باللاسلكي والالكترونيات .
بعض الاجهزة والدوائر الالكترونية التي تم تصميمها أوتصنيعها عراقيا 100%

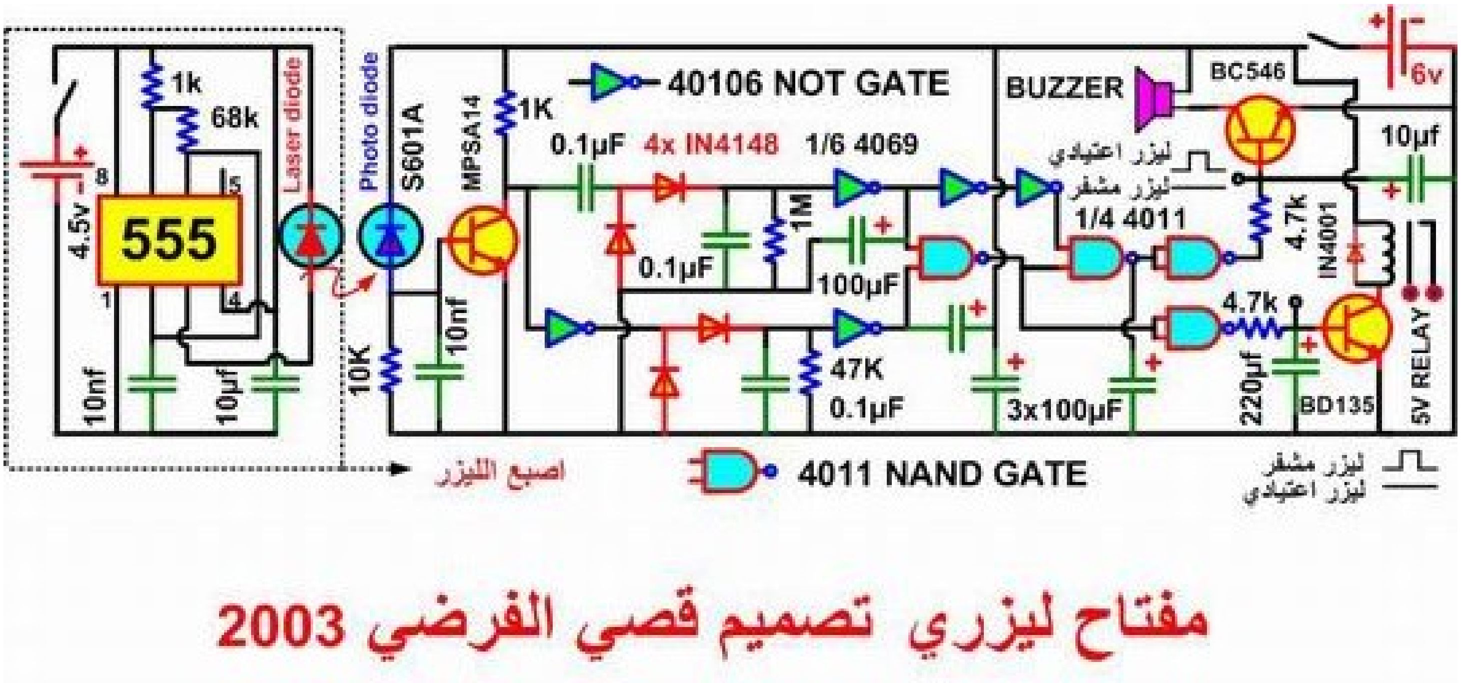
1 – مفتاح الليزر

جهاز صغير يستعمل في فتح الابواب او الاماكن التي يدخلها مخولون فقط او للاجهزة المهمة التي تحوي معلومات خاصة او سرية كالحاسبات او ماشابه .
فكرة الجهاز تعتمد على التميز بين شعاعي ليزر احدهما مشفر والاخر شعاع ليزر اعتيادي فحين يستعمل الليزر المشفر يتم تشغيل ريلي بالجهاز لفتح الباب او الجهاز المراد تشغيله ويكون اصبع الليزر هذا بيد الشخص المخول فقط اما محاولة استعمال ليزر اخر لايشتغل الريلي المذكور ويصدر الجهاز صوت انذار مبينا ان شخصا غير مخول يحاول تشغيل الجهاز باصبع ليزري ثاني



ومن الممكن جعل التشفير رقميا (Digital) باضافة بعض الدوائر المتكاملة IC الا ان هذا سيجعل الدائرة معقدة وخصوصا اصبع الليزر الصغير الذي سيكبر حجمه ويكون غير عمليا بحمله كسلسلة المفاتيح .
التفاصيل الفنية وارقام القطع الالكترونية موجودة بالرسم الهندسي المرفق .
الصور توضح الجهاز وقطعة الالمنيوم البارزة من الجهاز تكون بسمك الباب وتكون فتحتها للخارج والجهاز من داخل الغرفة (عند استعمال الجهاز لفتح باب المكتب او المنزل مثلا) كالعين السحرية التي تثبت على الابواب وعندما نريد ان نفتح الباب نضع اصبع الليزر على الفتحة من الخارج وبضغطة واحدة سيتم فتح الباب كهربائيا ويمكن استعماله مع المفتاح الاعتيادي سوية لزيادة الامان . يشتغل الجهاز على الكهرباء العمومية او بطارية 6V لضمان فتح الباب في حالة انقطاع التيار الكهربائي اما في حالة استعماله مع الاجهزة والحاسبات فلا توجد ضرورة لوضع البطارية لان الاجهزة نفسها لن تشتغل في حالة انقطاع التيار الكهربائي عنها

شكل (1 – 8) صور توضيحية لجهاز القفل الليزري



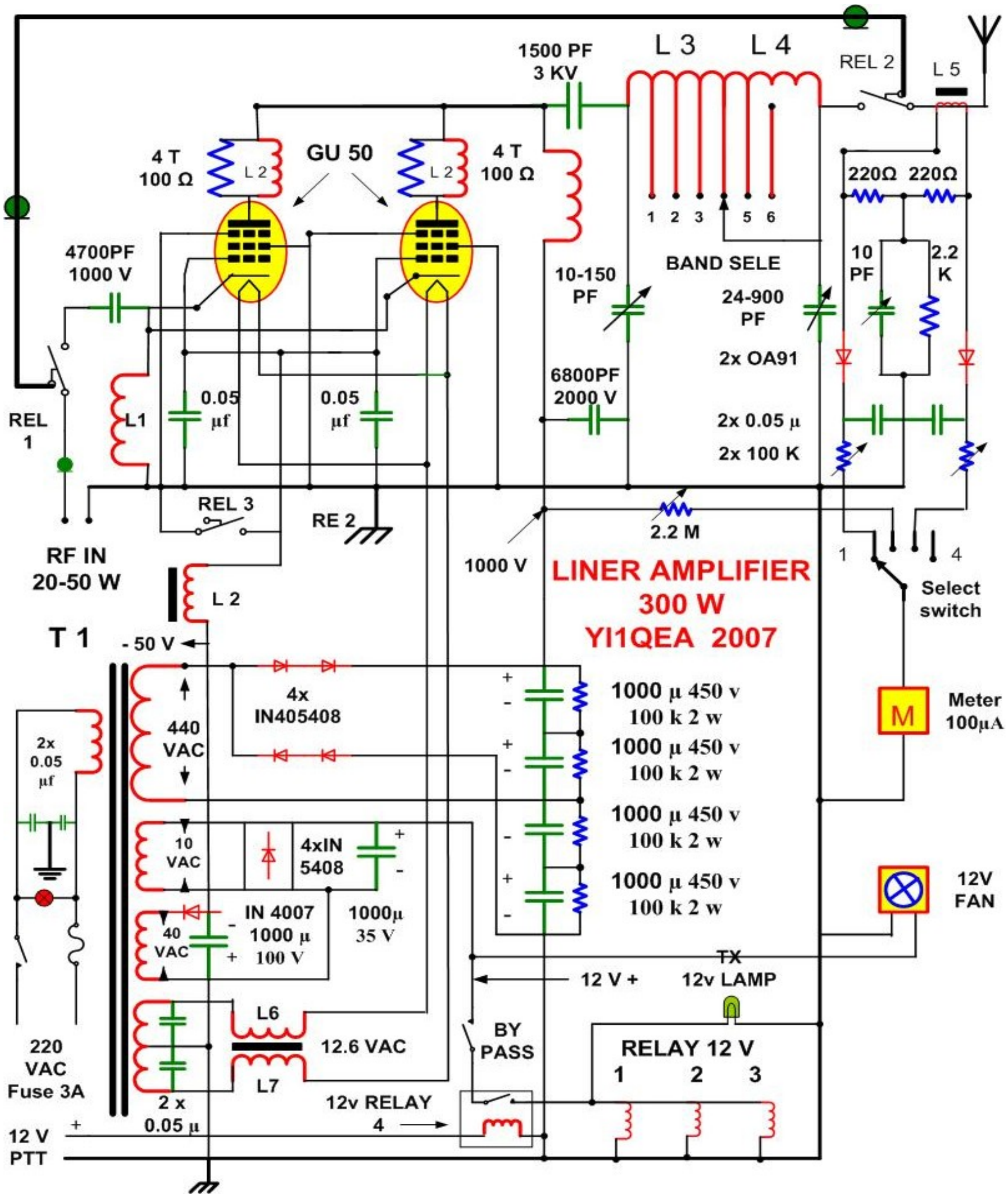
1k
68k
555
4.5v
8
5
1
4
10nf
10μf
Laser diode
Photo diode
S601A
MPSA14
1K
10K
10nf
0.1μF
4x IN4148
1/6 4069
1M
0.1μF
100μF
47K
0.1μF
40106 NOT GATE
BUZZER
BC546
6v
10μf
ليزر اعتيادي
ليزر مشفر
1/4 4011
4.7k
IN4001
4.7k
220μf
BD135
5V RELAY
3x100μF
اصبع الليزر
4011 NAND GATE
ليزر مشفر
ليزر اعتيادي

مفتاح ليزري تصميم قصي الفرضي 2003

شكل (2 – 8) الرسم الهندسي للجهاز

2- مكبر اشارة راديوية HF Liner amplifier

مكبر يستخدم لتكبير الاشارة الراديوية بقدرة خروج 300W وقدرة دخول من 30W الى 50W الدائرة روسية الاصل وباضافة وتحوير بعض القطع الالكترونية للصور والمزيد من التفاصيل والصور راجع موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي او الرابط http://www.iraqi-ars.org/_ بعنوان مشاريع Projects .

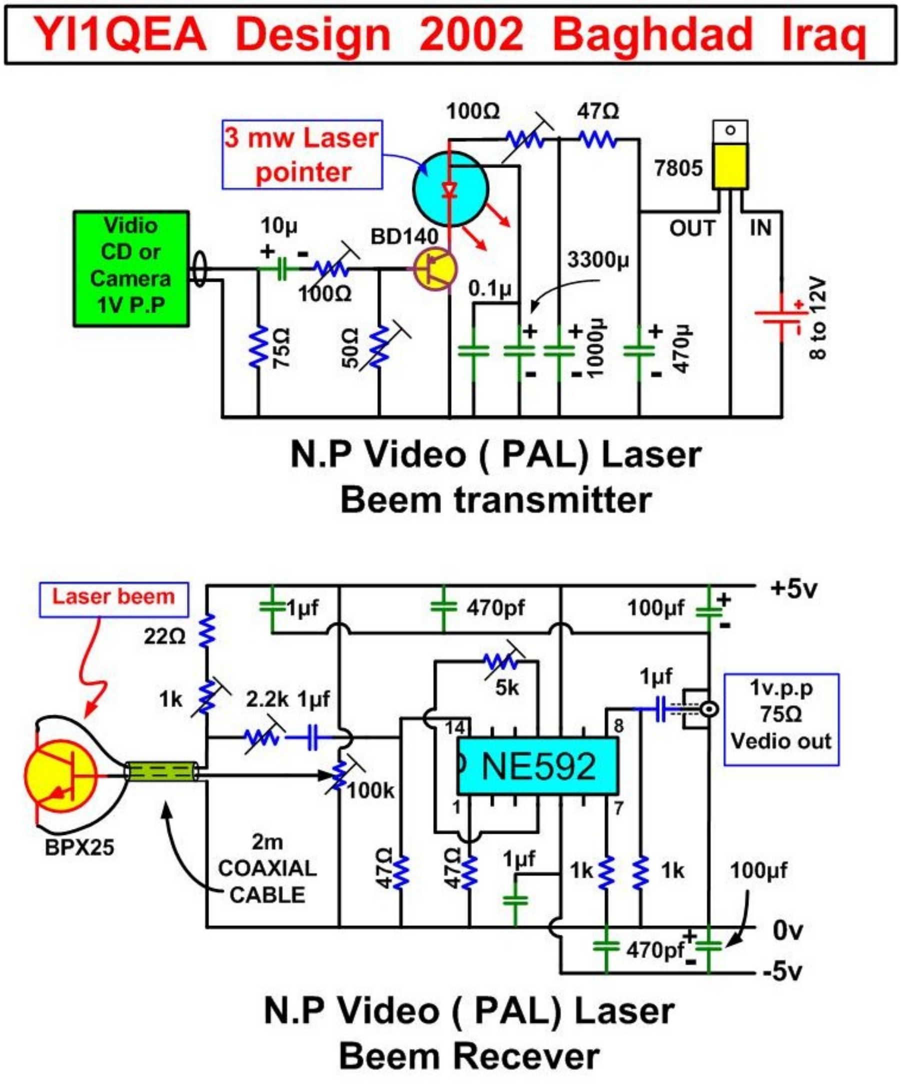


1500 PF
3 KV
L 3
L 4
REL 2
L 5
4 T
100 Ω
GU 50
L 2
4 T
100 Ω
220Ω
220Ω
1 2 3 5 6
4700PF
1000 V
BAND SELE
10-150
PF
24-900
PF
10
PF
2.2
K
2x OA91
6800PF
2000 V
REL
1
L1
0.05
µf
0.05
µf
2x 0.05 µ
2x 100 K
REL 3
RE 2
2.2 M
RF IN
20-50 W
1000 V
LINER AMPLIFIER
300 W
YI1QEA 2007
1
4
Select
switch
L 2
T 1
- 50 V
4x
IN405408
440
VAC
1000 µ 450 v
100 k 2 w
1000 µ 450 v
100 k 2 w
1000 µ 450 v
100 k 2 w
1000 µ 450 v
100 k 2 w
M
Meter
100µA
2x
0.05
µf
10
VAC
4xIN
5408
12V
FAN
40
VAC
IN 4007
1000 µ
100 V
1000µ
35 V
TX
12 V +
12v LAMP
L6
BY
PASS
RELAY 12 V
1 2 3
220
VAC
Fuse 3A
12.6 VAC
L7
2 x
0.05 µ
12v RELAY
4
12 V
PTT

شكل (3 – 8) مكبر اشارة راديوية HF Liner amplifier 300w

3 – جهاز ارسال واستقبال صوري بالليزر

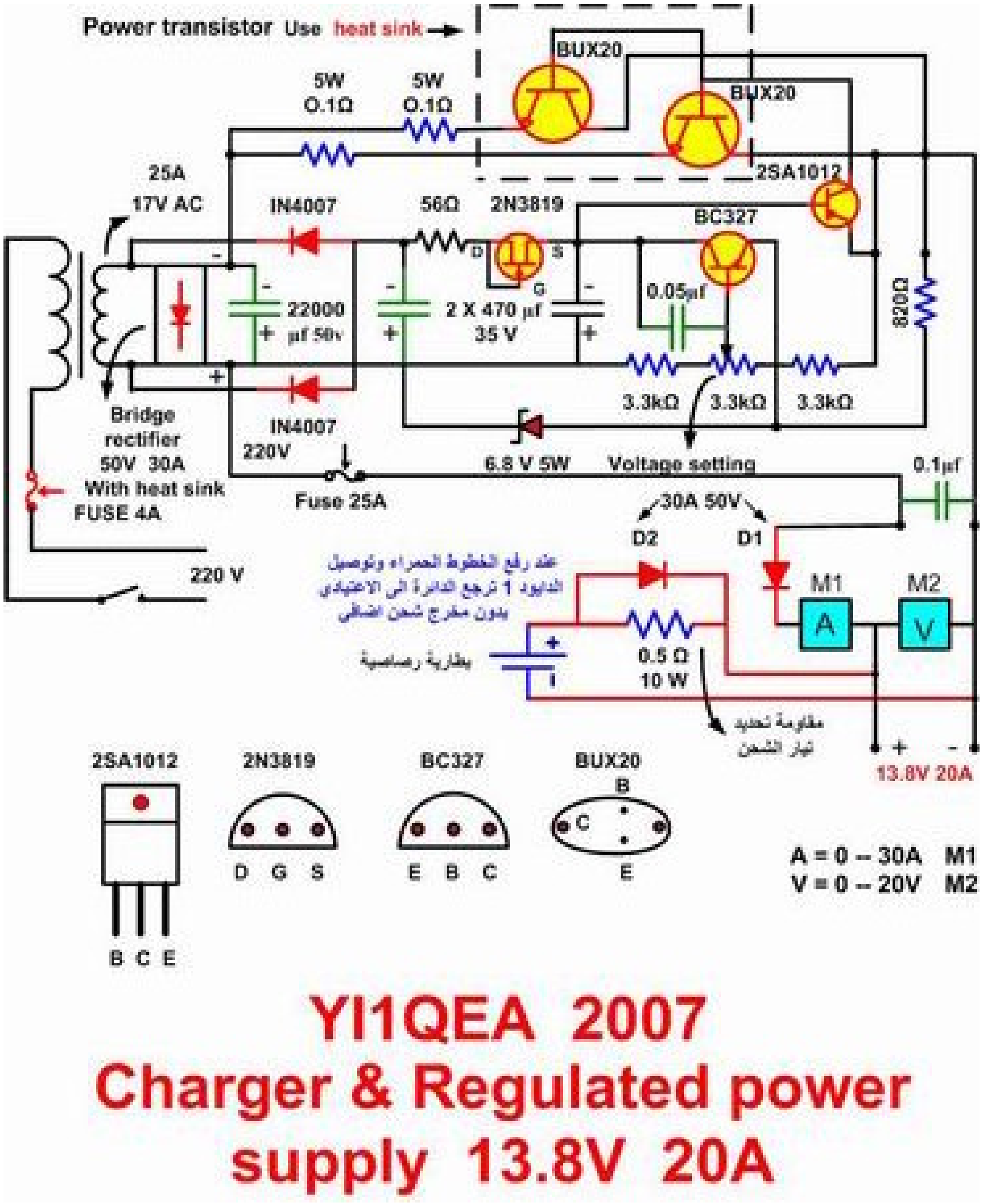
جهاز يستخدم المؤشر الليزري البسيط الاحمر اللون ذو 650nm لنقل صورة ملونة من كاميرة مراقبة او فديو او ماشابه بنظام بال لمسافة تصل الى 300m بوضوح جيد التفاصيل الفنية موجودة في الرسم الهندسي وللمزيد من التفاصيل والصور راجع موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي او الرابط
http://www.iraqi-ars.org/_ بعنوان مشاريع .Projects


YI1QEA Design 2002 Baghdad Iraq
3 mw Laser pointer
100Ω
47Ω
7805
OUT
IN
Vidio CD or Camera 1V P.P
10µ
BD140
100Ω
3300µ
0.1µ
75Ω
50Ω
1000µ
470µ
8 to 12V
N.P Video (PAL) Laser Beem transmitter
Laser beem
22Ω
1µf
470pf
100µf
+5v
1k
2.2k 1µf
5k
1µf
1v.p.p 75Ω Vedio out
14
8
NE592
100k
1
7
BPX25
2m COAXIAL CABLE
47Ω
47Ω
1µf
1k
1k
100µf
0v
470pf
-5v
N.P Video (PAL) Laser Beem Recever

شكل (4 – 8) جهاز ارسال واستقبال صوري ملون بال بالليزر

4 – مجهز قدرة مع شاحنة بطارية رصاصية Power supply 13.8V&20A

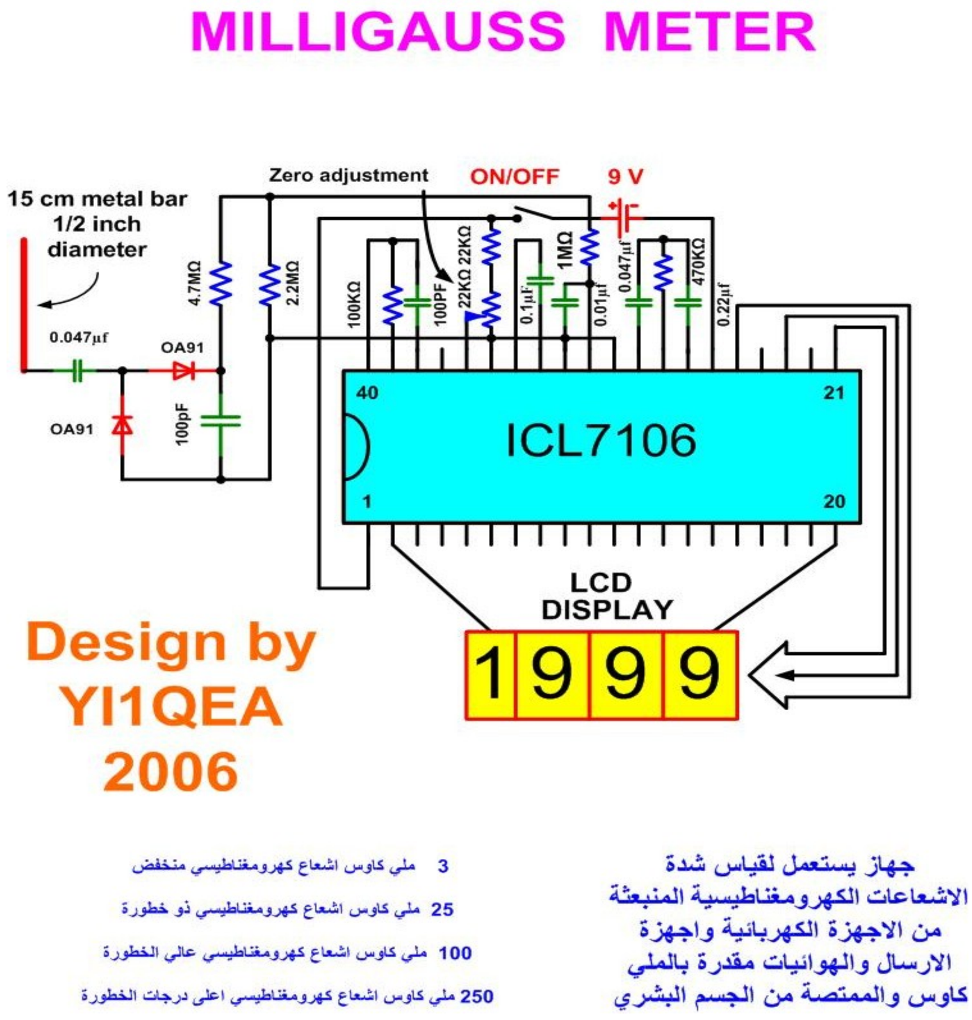
مجهز قدرة ذو محولة يستخدم مع الاجهزة اللاسلكية وكذلك لشحن البطاريات الرصاصية الدائرة يابانية قديمة وباضافة بعض القطع الالكترونية واستخدام قطع اخرى اكثر تحملا للتيار التفاصيل الفنية موجودة في الرسم الهندسي الجهاز مجرب ومصنع باعداد كبيرة ولايزال يشتغل بصورة جيدة منذ سنوات .


Power transistor Use heat sink
BUX20
BUX20
5W 0.1Ω
5W 0.1Ω
25A
17V AC
IN4007
56Ω
2N3819
2SA1012
BC327
D
S
G
22000 µf 50v
2 X 470 µf 35 V
0.05µf
820Ω
3.3kΩ
3.3kΩ
3.3kΩ
Bridge rectifier 50V 30A With heat sink
FUSE 4A
IN4007
220V
Fuse 25A
6.8 V 5W
Voltage setting
0.1µf
30A 50V
D2
D1
عند رفع الخطوط الحمراء وتوصيل الدايود 1 ترجع الدائرة الى الاعتيادي بدون مخرج شحن اضافي
M1
M2
A
V
220 V
بطارية رصاصية
0.5 Ω 10 W
مقاومة تحديد تيار الشحن
+
-
13.8V 20A
2SA1012
2N3819
BC327
BUX20
B
C
E
B C E
D G S
E B C
A = 0 – 30A M1
V = 0 – 20V M2
YI1QEA 2007
Charger & Regulated power supply 13.8V 20A

شكل (5 – 8) مجهز قدرة وشاحنة بطارية 13.8V&20A

5 – جهاز قياس شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي Mili Gauss meter

جهاز يستخدم لقياس شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي الممتص من الجسم البشري مقدرا بالملي كاوس الجهاز مهم من ناحية معرفة الخطورة المترتبة على الجسم من اشعاعات الاجهزة المختلفة كالحاسبات والتلفزيونات واجهزة الارسال وافران المايكروويف وابراج الضغط العالي لنقل الطاقة الكهربائية التفاصيل موجودة بالرسم الهندسي المرفق وللمزيد من التفاصيل راجع موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي او http://www.iraqi-ars.org/ بعنوان مشاريع Projects .


MILLIGAUSS METER
15 cm metal bar
1/2 inch
diameter
0.047µf
OA91
OA91
100pF
4.7MΩ
2.2MΩ
Zero adjustment
ON/OFF
9 V
100KΩ
100PF
22KΩ 22KΩ
0.1µf
1MΩ
0.01µf
0.047µf
470KΩ
0.22µf
40
21
ICL7106
1
20
LCD
DISPLAY
1999
Design by
YI1QEA
2006

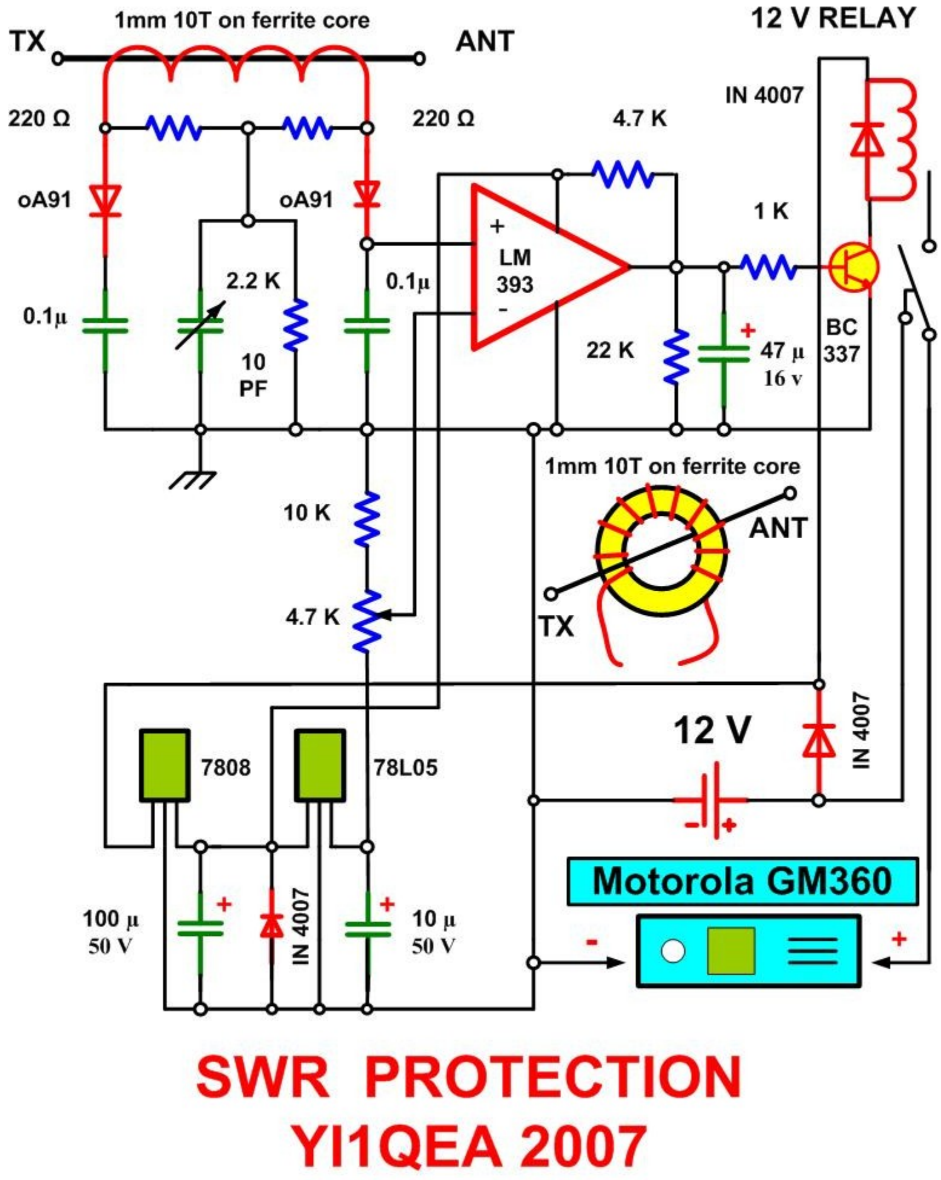
جهاز يستعمل لقياس شدة
الاشعاعات الكهرومغناطيسية المنبعثة
من الاجهزة الكهربائية واجهزة
الارسال والهوائيات مقدرة بالملي
كاوس والممتصة من الجسم البشري

3 ملي كاوس اشعاع كهرومغناطيسي منخفض
25 ملي كاوس اشعاع كهرومغناطيسي ذو خطورة
100 ملي كاوس اشعاع كهرومغناطيسي عالي الخطورة
250 ملي كاوس اشعاع كهرومغناطيسي اعلى درجات الخطورة

شكل (6– 8) جهاز قياس شدة الاشعاع الكهرومغناطيسي الممتص من الجسم

6 – جهاز حماية الاجهزة اللاسلكية من ارتفاع SWR

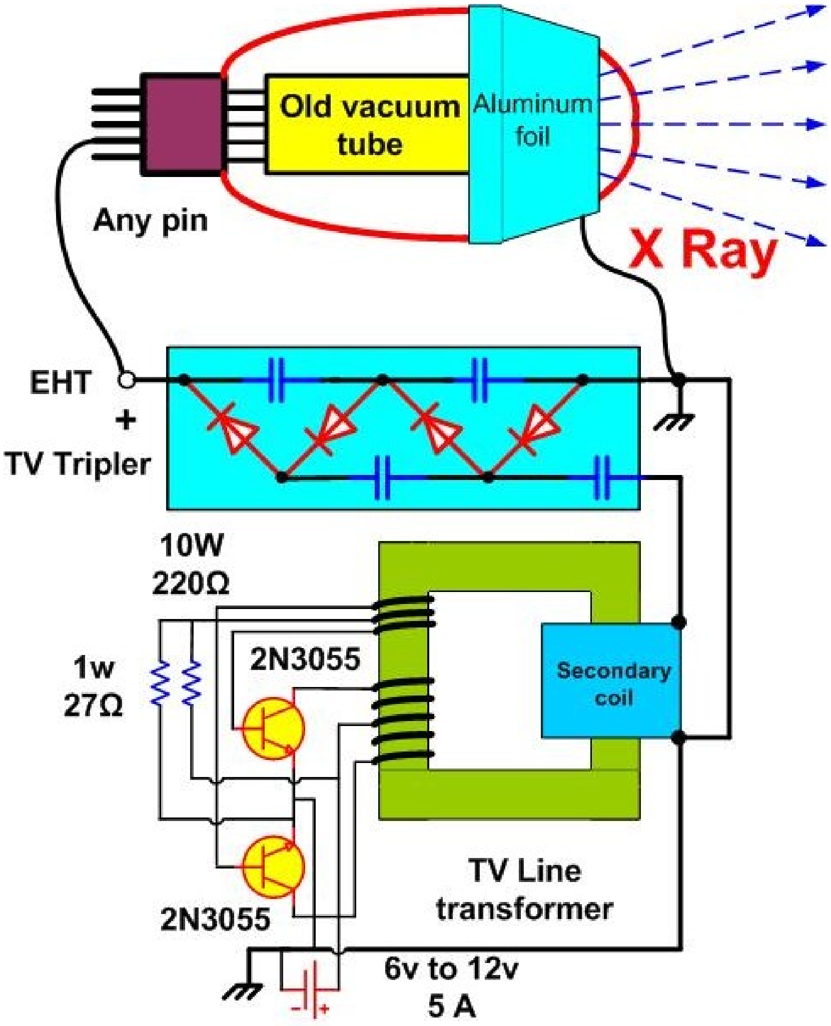
جهاز بسيط وفعال يقوم بأطفاء جهاز الارسال لحمايته من ارتفاع SWR عن قيمة معينة يمكن التحكم بضبطها مسبقا تجنبا لتلف مرحلة التكبير النهائية RF Power amp نتيجة لحصول عطب في الهوائي او الكيبل او اختلاف التردد بالنسبة للهوائي كافة التفاصيل موجودة في الرسم الهندسي المرفق .


TX
1mm 10T on ferrite core
ANT
12 V RELAY
220 Ω
220 Ω
4.7 K
IN 4007
oA91
oA91
1 K
+
LM
393
-
2.2 K
0.1µ
0.1µ
10
PF
22 K
+
47 µ
16 v
BC
337
1mm 10T on ferrite core
ANT
TX
10 K
4.7 K
12 V
IN 4007
7808
78L05
-
+
Motorola GM360
100 µ
50 V
IN 4007
10 µ
50 V
-
+
SWR PROTECTION
YI1QEA 2007

شكل (7 – 8) جهاز حماية الاجهزة الاسلكية من ارتفاع SWR

7 – جهاز توليد اشعة X

جهاز بسيط ورائع لتوليد اشعة X للاستخدامات الطبية والصناعية الصغيرة باستخدام اي صمام قديم كبير الحجم وتغطيته بالالمنيوم الورقي Foil وعمل فتحة في مقدمته لخروج الاشعة . الفولتية المتولدة عالية جدا حوالي 25kv وهي من الخطورة العالية هي والاشعة المنبعثة لذا يجب العمل والتشغيل باشراف مختصين في الموضوع والوقاية من هذه الاشعاعات بالطرق الامنه لضمان السلامة .
التفاصيل الفنية كافة موجودة بالرسم الهندسي المرفق ويمكن التحكم بشدة الاشعة المتولدة بتغير فولتية الدخول من 6V الى 12V تيار الدائرة حوالى 5A .

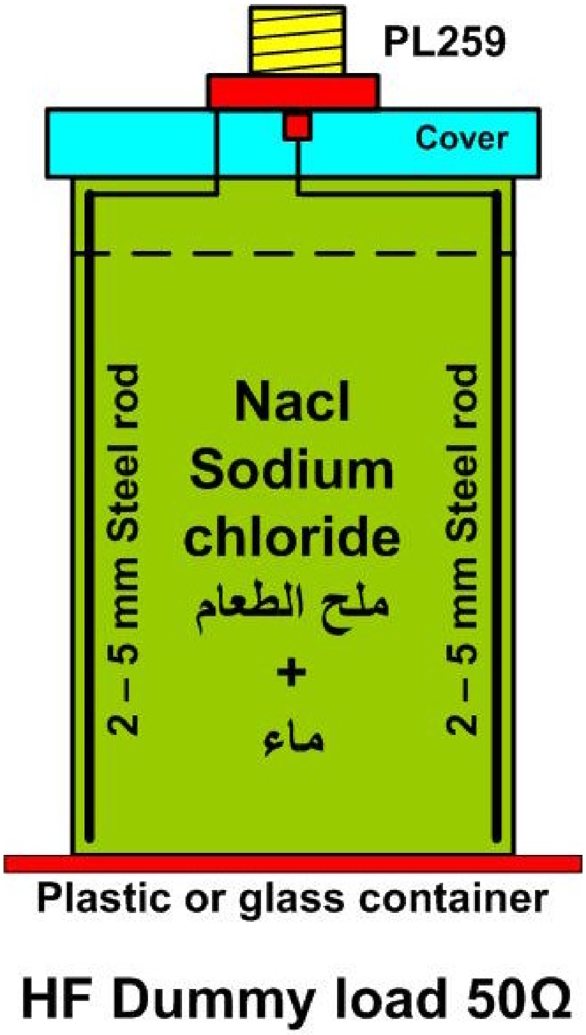

Old vacuum tube
Aluminum foil
Any pin
X Ray
EHT
+
TV Tripler
10W
220Ω
1w
27Ω
2N3055
Secondary coil
2N3055
TV Line transformer
6v to 12v
5 A

X- RAY high voltage power supply

شكل (8 – 8) جهاز توليد اشعة X

8 – هوائي وهمي او مقاومة حمل 50Ω Dummy load

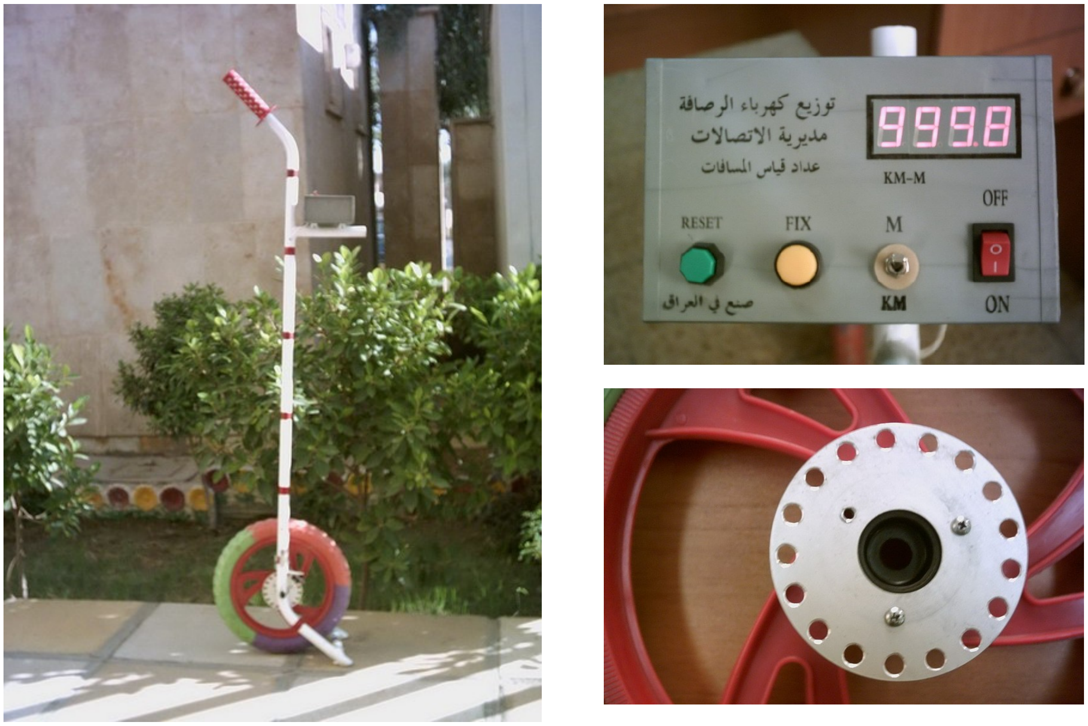
نحتاج كثيرا الى Dummy load لغرض معايرة الاجهزة اللاسلكية او فحص الكيبلات او ماشابة ذلك ولعدم توافرها احيانا اصبح من الممكن صناعتها يدويا بدون تكلفة تقريبا وذلك بوضع قطبين من النحاس او الستيل في محلول ملح الطعام باناء عازل وغطاء تثبت عليه فيشة PL259 مثلا ويربط جهاز لقياس SWR مع جهاز ارسال بقدرة مناسبة (20W) مثلا ويضاف قليل من الملح تدريجيا الى المحلول حتى نحصل على SWR 1:1 عندها تصبح ممانعة Dummy load 50Ω وهذا هو المطلوب وتستخدم لحزمة HF , في التجربة ارتفعت درجة حرارة المحلول من 20 الى45 درجة مؤية في 8 دقيقة باستخدام 100W كقدرة لجهاز الارسال التفاصيل الفنية موجودة في الرسم الهندسي المرفق .


PL259
Cover
2 – 5 mm Steel rod
Nacl
Sodium
chloride
ملح الطعام
+
ماء
2 – 5 mm Steel rod
Plastic or glass container
HF Dummy load 50Ω

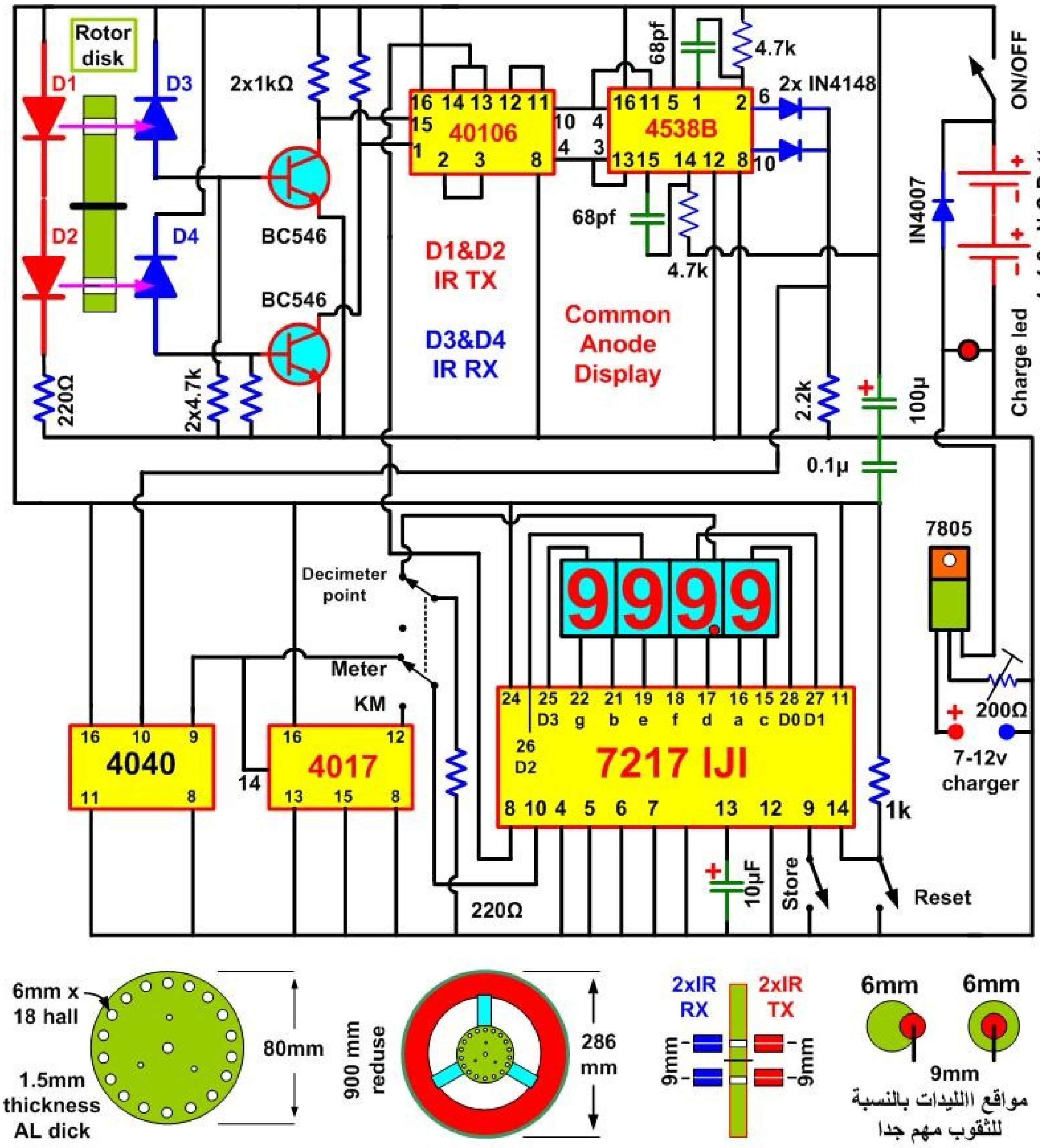
شكل (9 – 8) هوائي وهمي 50Ω Dummy load

9 - عجلة قياس المسافات

تبرز الحاجة احيانا لقياس اطوال ومسافات على الارض بصورة دقيقة لايمكن قياسها بالطرق التقليدية بشريط القياس او بالتقديراو ماشابه وهذا ما دعى الى تصميم عجلة رقمية لقياس المسافات بدلا من الميكانيكية التي يكون عمرها قصير وذلك لتكسر المسننات في الغالب ولكون قياسها لحد 1000 متر . العجلة المصممه تقيس المتر واجزاءه (ديسي متر) لغاية 1000 متر وتقيس لغاية 10 كيلومتر اي مايعادل 10000 متر وبصورة دقيقة للغاية وبدون مسننات واي اجزاء ميكانيكية العجلة المستخدمة من النوع الجيد ذي المحامل الكروية (Ball bearing) للدرجات الهوائية الصغيرة ومثبت عليها قرص من الالمنيوم الاسود (لمنع انعكاس الاضوية واشعة الشمس على المتحسسات) مثبت عليه زوجين من ليدات الاشعة تحت الحمراء (ارسال واستقبال) المسافة بينهما مهمة جدا لاشتغال العداد وهنالك عداد تصاعدي وتنازلي لحساب المسافة ويوجد مفتاح لتصفير القراءة واخر لتثبيتها عند الحاجة . الجهاز يشتغل باربعة بطاريات نيكل كادميوم قابلة للشحن وهنالك مصباح احمر صغير للدلالة على الشحن وهي سهلة الاستخدام وخفيفة الوزن (2 كيلوغرام) هذه بعض الصور التوضيحية وكافة التفاصيل الفنية موجودة بالرسم الهندسي المرفق .



شكل (10 – 8) صور لعجلة القياس


Rotor disk
D1
D2
D3
D4
2x1kΩ
BC546
BC546
220Ω
2x4.7k
16 14 13 12 11
15
1
2 3 8
40106
10 4
4 3
16 11 5 1 2
4538B
13 15 14 12 8
6
10
68pf
68pf
4.7k
4.7k
2x IN4148
D1&D2
IR TX
D3&D4
IR RX
Common
Anode
Display
2.2k
100µ
0.1µ
IN4007
4x1.2v N.C Battary
ON/OFF
Charge led
7805
200Ω
7-12v
charger
Decimeter
point
Meter
KM
9999
24 25 22 21 19 18 17 16 15 28 27 11
D3 g b e f d a c D0 D1
26
D2
7217 IJI
8 10 4 5 6 7 13 12 9 14
1k
16 10 9
4040
11 8
16 12
4017
14
13 15 8
220Ω
10µF
Store
Reset
6mm x
18 hall
1.5mm
thickness
AL dick
80mm
900 mm
reduse
286
mm
2xIR
RX
2xIR
TX
9mm
9mm
6mm
6mm
9mm
مواقع االليدات بالنسبة
للثقوب مهم جدا

عجلة قياس المسافات تصميم قصي الفرضي 2005

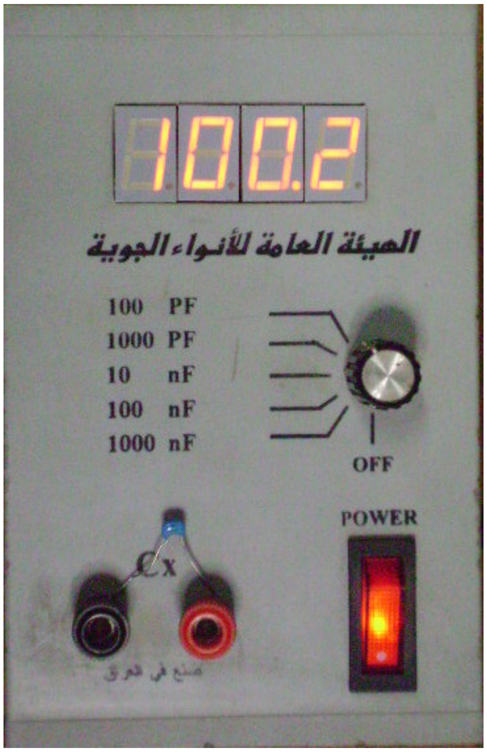
YI1QEA

شكل (11 – 8) الرسم الهندسي لعجلة قياس المسافات

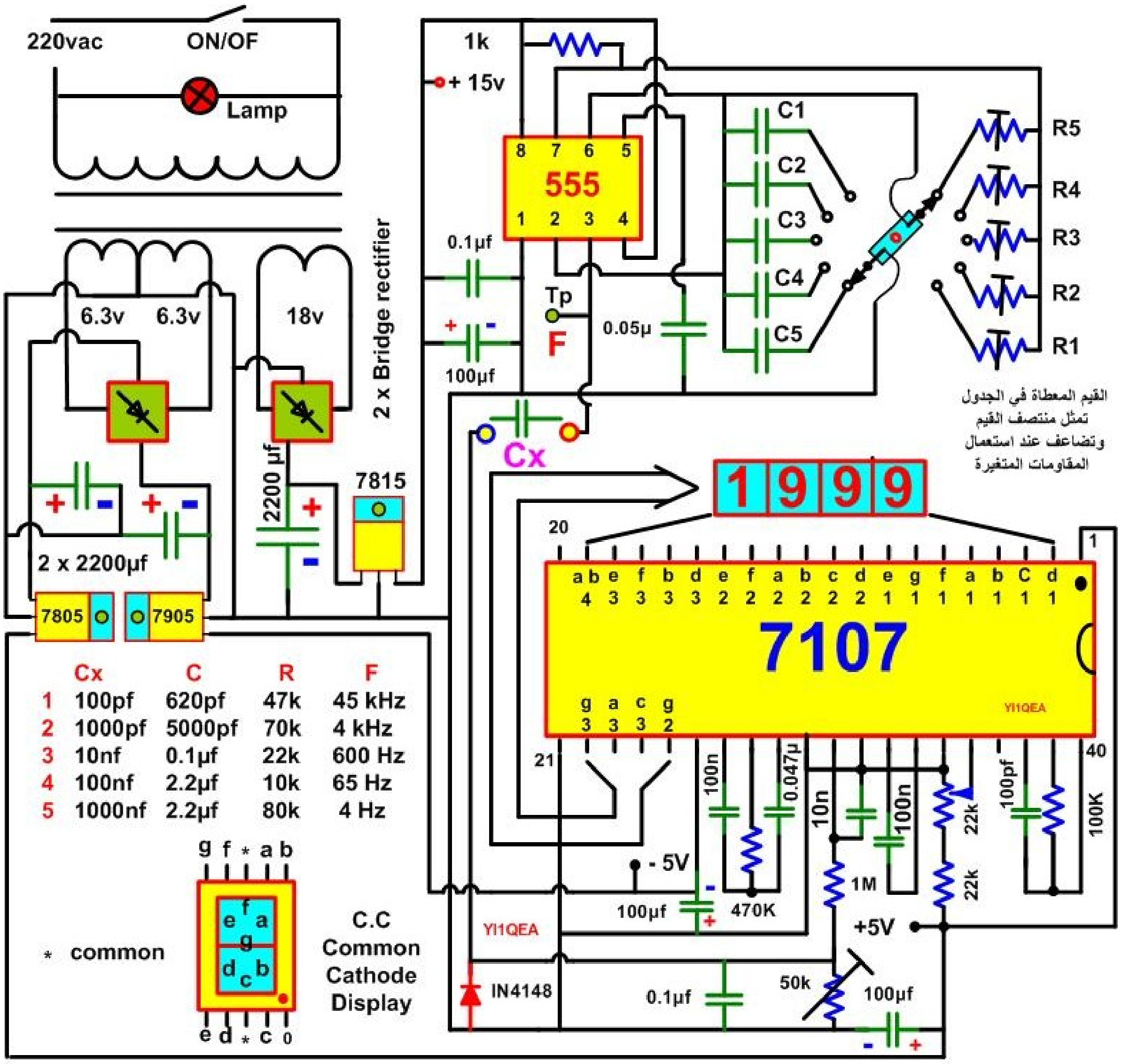
10 – جهاز قياس المتسعات Capacitor meter

جهاز صغير ودقيق جدا لقياس المتسعات صمم وصنع في عام 2001 لاحد الدوائر الحكومية اقصى دقة للجهاز 0.1pf في مدى 100pf يحوي على خمسة مراحل للقياس 100pf & 1000pf & 10nf & 100nf & 1000nf سهل الاستعمال وصغير الحجم التفاصيل الفنية موجودة بالرسم الهندسى المرفق . يمكن ملاحظة التغير البسيط في السعة باعشار البيكوفاراد (البيكوفاراد = 10^{-12} فاراد) بوضع سلكين معدنيين في موضع القياس وتقريبهما من البعض قليلا وملاحظة زيادة السعة الواضحة حين تقاربهما من بعض. الجهاز مصمم بالاساس للقرائات الواطئة في مجال الترددات مافوق العالية VHF&UHF لصعوبة ودقة العمل فيها .

لاجراء عملية الضبط بعد التجميع يربط جهاز لقياس الذبذبة في النقطة TP كما موجود بالرسم الهندسي ويتم تغير المقاومة المتغيرة للحصول على الذبذبة المطلوبة في كل مرحلة كما في الجدول الملحق بالرسم . يتم تصفير القراءة من خلال المقاومة 22k المتغيرة المربوطة مع IC رقم7107 (DPM) ثم توضع متسعة جيدة النوعية ومعلومة القيمة وبالسعة القصوى للمرحلة (100pf للمرحلة الاولى مثلا) وتصحح القراءة على الشاشة من خلال المقاومة المتغيرة 50k المربوطة مع نفس IC وبالطريقة نفسها لبقية المراحل اما اذا حصل اختلاف بسيط في القراءة من الممكن تصحيحه بتغير المقاومة المتغيرة لكل مرحلة في المذبذب 555 .



شكل (12– 8) جهاز قياس المتسعة



220vac
ON/OF
Lamp
6.3v
6.3v
18v
2 x Bridge rectifier
2 x 2200µf
2200 µf
7815
7805
7905
1k
+ 15v
555
8 7 6 5
1 2 3 4
0.1µf
100µf
Tp
F
0.05µ
Cx
C1
C2
C3
C4
C5
R5
R4
R3
R2
R1
1999
20
21
1
40
7107
YI1QEA
100n
0.047µ
10n
100n
22k
22k
100pf
100K
470K
1M
- 5V
+5V
100µf
50k
0.1µf
IN4148
g f * a b
e d * c 0
C.C
Common
Cathode
Display
* common

	Cx	C	R	F
1	100pf	620pf	47k	45 kHz
2	1000pf	5000pf	70k	4 kHz
3	10nf	0.1µf	22k	600 Hz
4	100nf	2.2µf	10k	65 Hz
5	1000nf	2.2µf	80k	4 Hz

القيم المعطاة في الجدول
تمثل منتصف القيم
وتضاعف عند استعمال
المقاومات المتغيرة

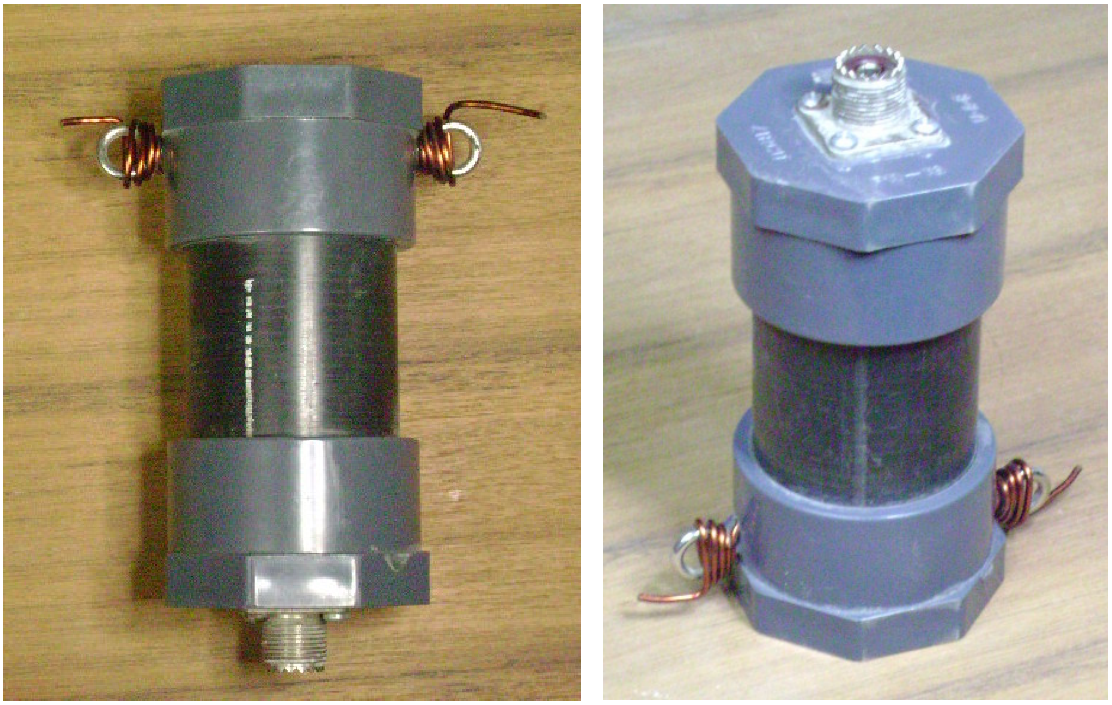
جهاز قياس المتسعة
تصميم قصي الفرضي 2001
YI1QEA

شكل (13 – 8) الرسم الهندسي لجهاز قياس المتسعة

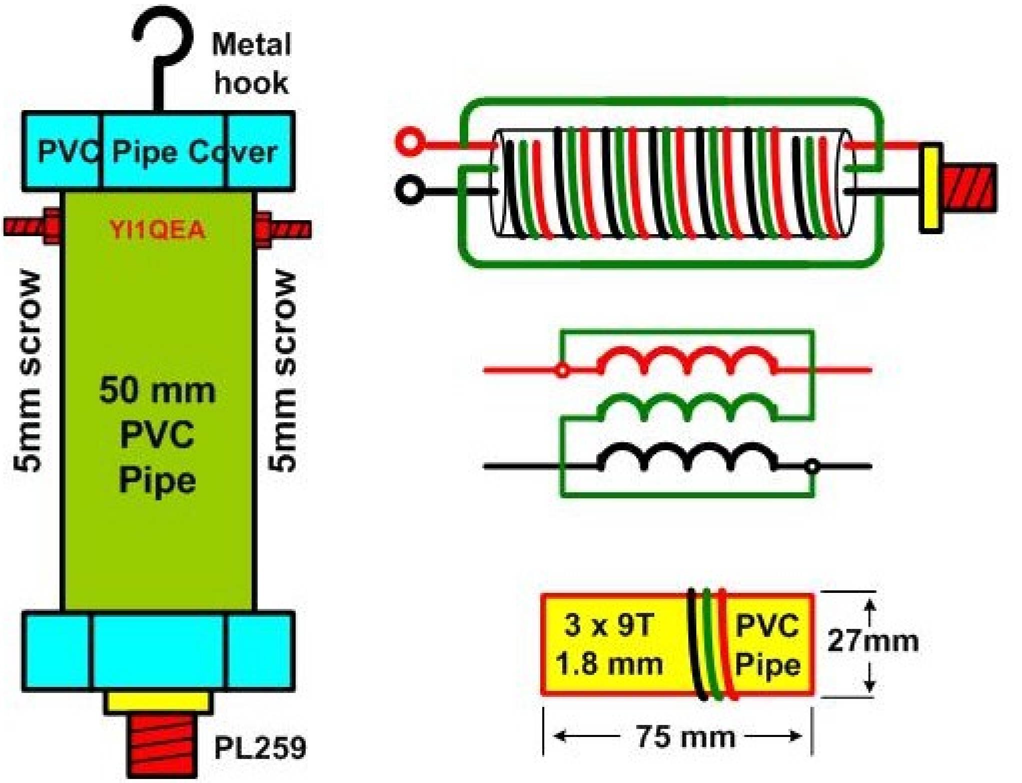
11 – محول موائمة (بالون) Balun

في احيان كثيرة نعاني من مشكلة تشويش التلفزيون والستلايت (TVI) وللتغلب على هذه المشكلة وكذلك مشكلة البث من الكيبل نفسه مما يؤدي الى فقد جزء من الطاقة الراديوية نتيجة الضياع وتقليل كفاءة الهوائي نتيجة اضافة طول جديد الى الهوائي من طول الكيبل نفسه نستخدم محول موائمة بالون بنسبة 1:1 حيث لاتتغير المماتعة بين الهوائي والجهاز لانه لاتوجد نسبة تحويل .

البالون المستخدم سهل التركيب والصنع ويتكون بصورة رئيسية من ثلاثة ملفات ملفوفة سوية بنفس الاتجاه وبدون اي فجوات فيما بينهم جميعا (كما موضح بالرسم الهندسي المرفق) على انبوب من PVC بقطر 22mm وطول 75mm ومن سلك نحاسي معزول بقطر 1.8mm وتربط احد الجهات بالفيشة (PL259) والجهة الاخرى ببراغي نحاسية او اي معدن مقاوم للصدأ او حوامل تعليق الصور واللوحات لضمان عدم الصدأ (في حالة استعماله مع الداي بول) او بفيشة ثانية من الجهة الاخري (لم توضح بالصورة) في حالة استعماله مع الهوائي العمودي مثلا .



شكل (14 – 8) محول موائمة بالون 1:1 لحزمة HF من 3 الى 30 ميجا هيرتز


Metal hook
PVC Pipe Cover
YI1QEA
5mm scrow
50 mm PVC Pipe
5mm scrow
PL259
3 x 9T 1.8 mm
PVC Pipe
27mm
75 mm

1:1 HF Balun 3 to 30MHz
YI1QEA 2004

شكل (8 –15) الرسم الهندسي للبالون 1:1

12 – جهاز قياس سرع المحركات Tachometer

تبرز الحاجة احيانا لقياس سرعة محرك ما سواء كان كهربائيا اوميكانيكيا كمحرك المولدة مثلا لمعرفة عدد دوراته لغرض ضبط تردد التيار الكهربائي المتولد من خلاله , وغالبية اجهزة قياس السرعة تعتمد على الربط المباشر مع الجزء الدوار من المحرك وهذا من الصعوبة في بعض الاماكن لذا تم تصميم هذا الجهاز البسيط والعملي لقياس سرعة دوران المحرك بدون اي تماس اوتوصيل باستخدام الاشعة تحت الحمراء لارسال حزمة من الشعاع واستقبالها من مجس صغير معد لهذا الغرض وبعد وضع لاصق او خط ابيض على المحور الدوار كما في الصورة حتى تنعكس الحزمة وترتد الى المتحسس في المجس . هذه الدائرة يصل مدى قياسها الى 3000 دورة / دقيقة ويمكن مضاعفةالمدى بتغيير المتسعة 47nf (المربوطة على توصيلة رقم 2 في ال IC 2917) وجعل قيمتها 22nf . يضئ ال LED الاحمر في المجس (Prop) عند استلام الاشارة المنعكسة من الجزء الدوار .وكذلك يضيء ال LED الاحمر في صندوق الجهاز عند انخفاض فولتية البطارية ويجب تغيرها لضمان دقة القراءة . يتم القياس بتقريب المجس الى حوالي 1 انج من القرص الدوار مقابل القطعة الورقية البيضاء . ضبط قراءة الجهاز تتم بتسليط ذبذبة مربعة 50Hz بفولتية 1v علي القطب 1 في IC 2917 وتغيير المقاومة 2.2K لجعل القراءة 3000 دورة/ دقيقة .

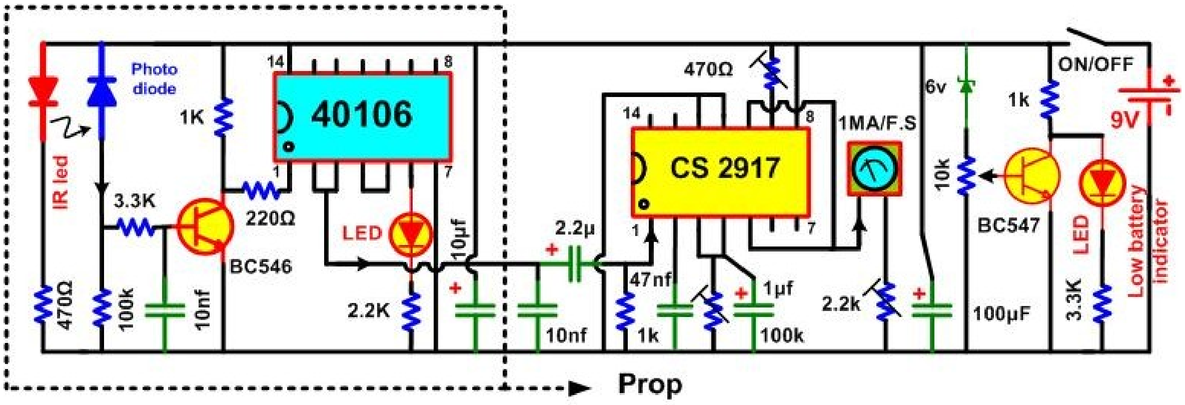
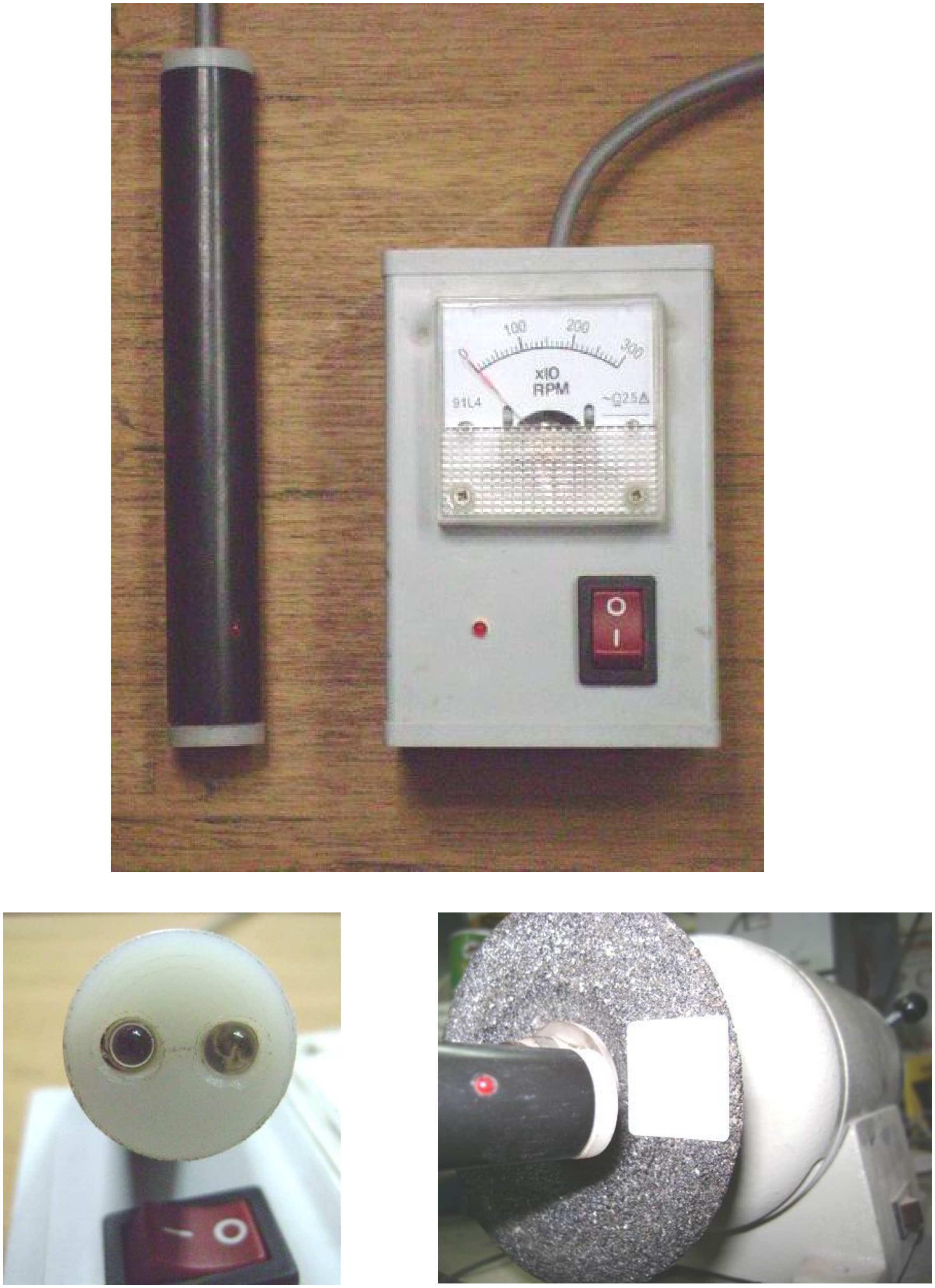


Photo diode
IR led
470Ω
100k
10nf
3.3K
1K
BC546
220Ω
14
8
40106
1
7
LED
2.2K
10µf
2.2µ
10nf
14
8
CS 2917
1
7
47nf
1k
1µf
100k
470Ω
1MA/F.S
2.2k
6v
10k
1k
BC547
100µF
ON/OFF
9V
LED
3.3K
Low battery indicator
Prop

Tachometer 3000 RPM

تصميم قصي الفرضي 2006

شكل (16 – 8) الرسم الهندسي لجهاز قياس سرعة المحركات


0
100
200
300
x10
RPM
91L4
O
I

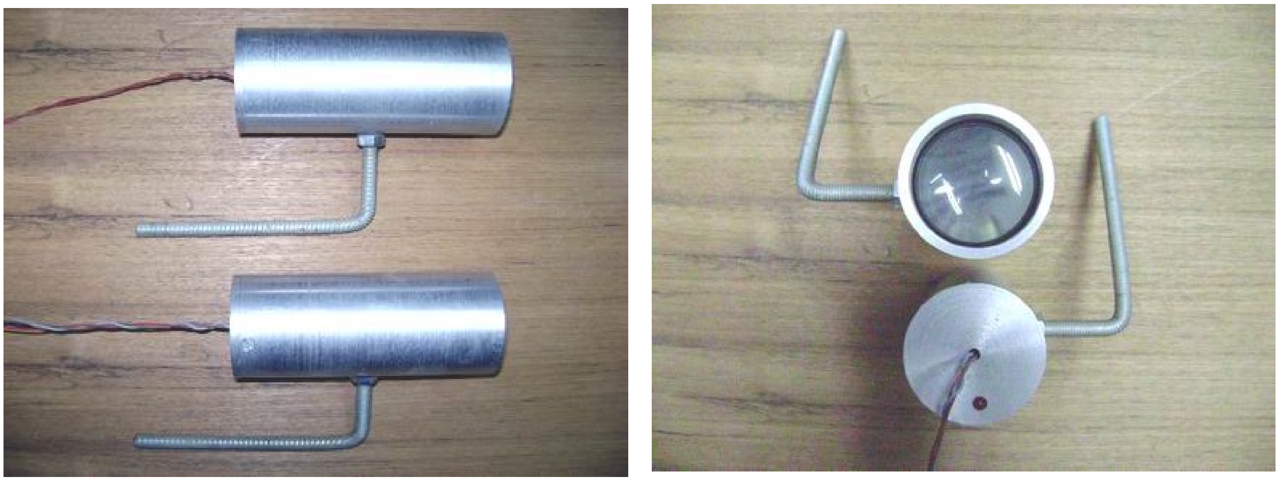
شكل (17 – 8) صور توضيحية لجهاز قياس سرع المحركات

13 - جهاز ارسال واستقبال الاشعة تحت الحمراء IR

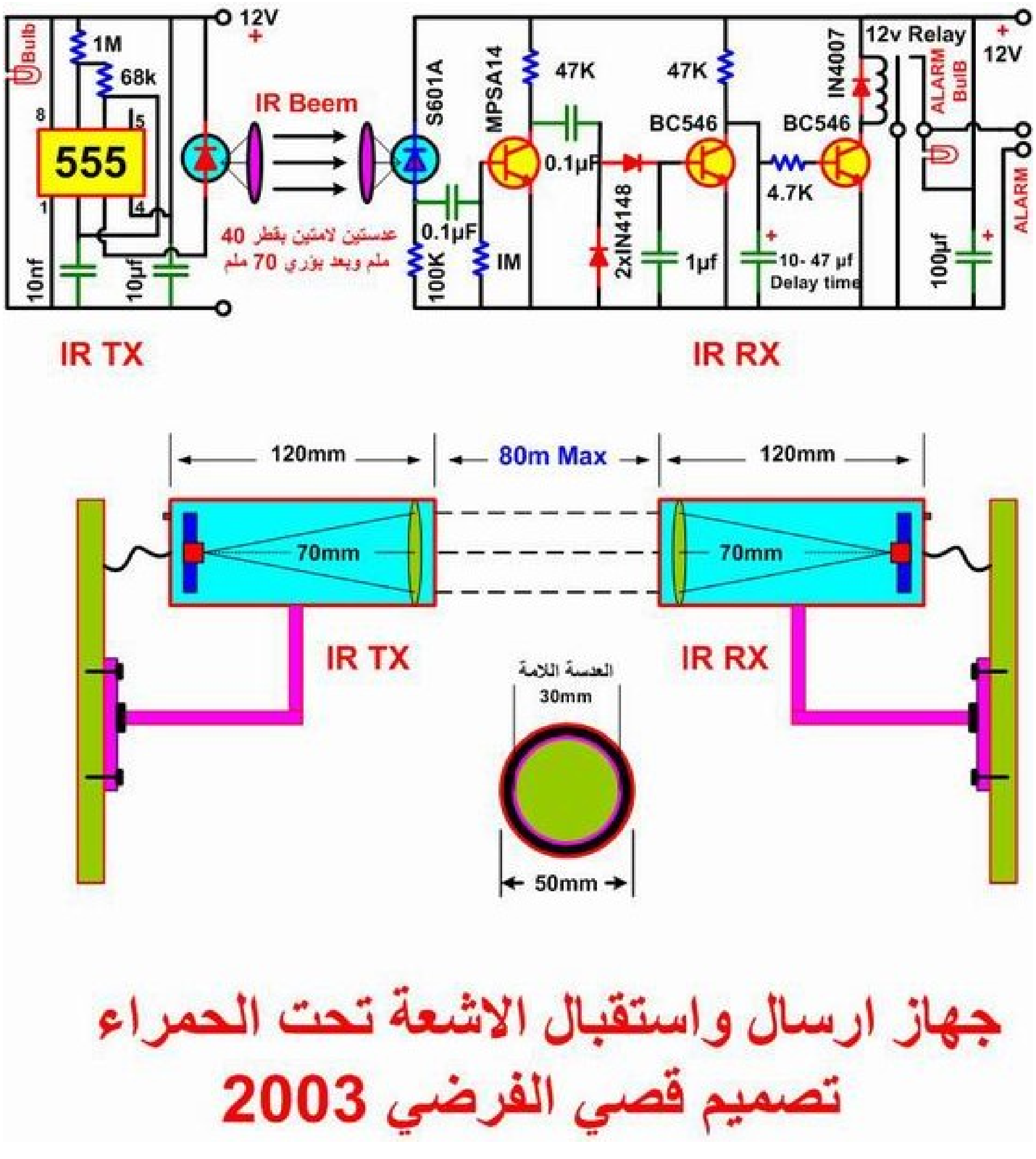
جهاز يستعمل لارسال حزمة من الاشعة تحت الحمراء والغير منظورة من جهاز واستلامها من قبل جهاز اخر وتستعمل لاغراض الحماية الالكترونية فحين قطع الحزمة نتيجة عائق ما كقطع كيبل التغذية او الاشارة او مرور شخص متسلل بغية الدخول خلسة سيقوم الجهاز باعطاء انذار بذلك.

يميز الجهاز بين قطع سريع وصغير الحجم كمرور طائر او ماشابه ذلك مثلا ومرور انسان و يوجد مؤشر ضوئي (LED) خلف جهاز الاستقبال يضيء عند اعطاء الانذار او خروج الحزمة عن المسار المستقيم ويفيد في عملية ضبط الاستقامة بين جهازي الارسال والاستقبال ولايضيء في الاحوال الاعتيادية لتقليل التيار المستهلك يتم ارسال الاشعة تحت الحمراء بنبضات لتقليل التيار المستهلك والارسال بقدرة اعلى بزيادة الفولتية المسلطة على ثنائي IR وكذلك لاطالة عمره ويتم الارسال بتردد 1.5Kz لتلافي المؤثرات من اشعة الشمس والاضوية الصناعية والتي قد تؤثر على عمل الجهاز ومن الممكن اضافة مرشح IR على مقدمة الجهاز ليمنع ذلك . استهلاك الجهاز قليل 25 ملي امبير في الحالة الطبيعية و75 ملي امبير في حالة الانذار .

يشتغل الجهاز على 12V.DC وتربط بطاريات لضمان اشتغالة اثناء انقطاع التيار الكهربائي . اقصى مدى مجرب للجهاز 80 متر ويفضل ان تكون المسافة اقل من ذلك لتسهيل ضبط الجهاز واشتغاله بصورة مستقره . التفاصيل كافة موجودة بالرسم الهندسي المرفق مع الصور التوضيحية .



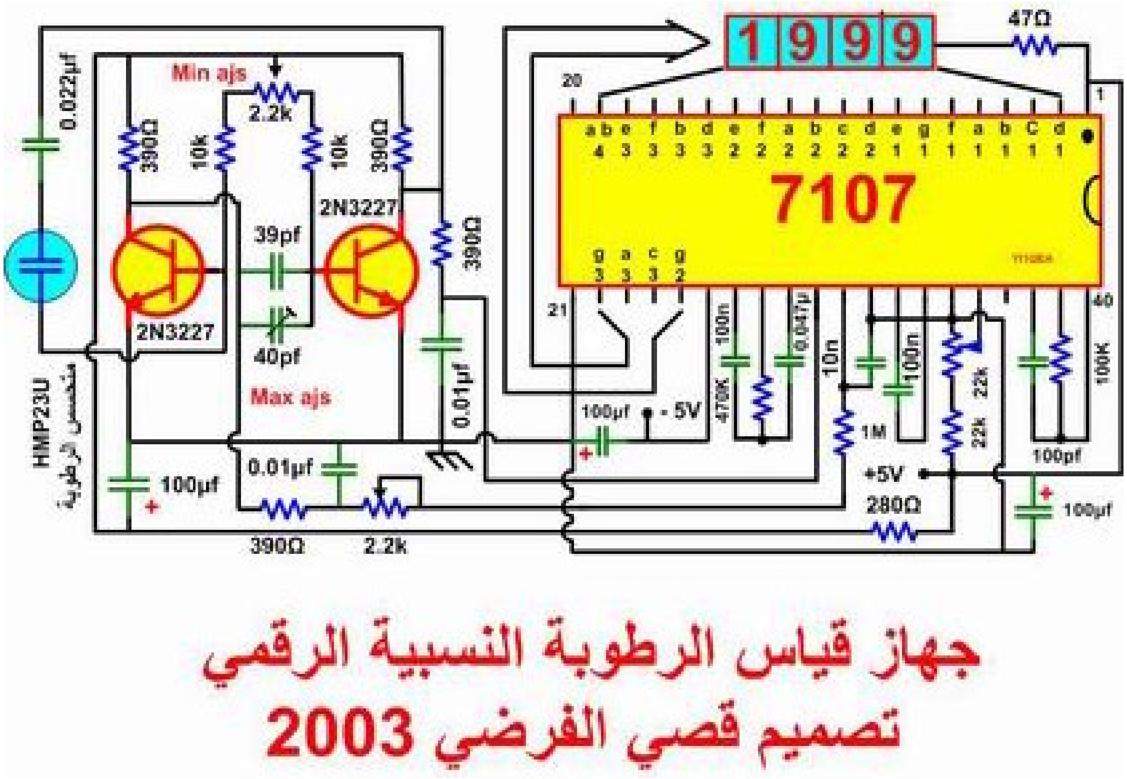
شكل (18 – 8) صور للجهاز ويلاحظ المؤشر الضوئي خلف المستقبل


12V
+
Bulb
1M
68k
8
5
555
1
4
10nf
10µf
IR Beem
عدستين لامتين بقطر 40
ملم وبعد بؤري 70 ملم
S601A
0.1µF
100K
IM
MPSA14
47K
0.1µF
2xIN4148
47K
BC546
1µf
4.7K
BC546
10- 47 µf
Delay time
IN4007
12v Relay
ALARM
BulB
12V
100µf
ALARM
IR TX
IR RX
120mm
80m Max
120mm
70mm
70mm
IR TX
IR RX
العدسة اللامة
30mm
50mm
جهاز ارسال واستقبال الاشعة تحت الحمراء
تصميم قصي الفرضي 2003

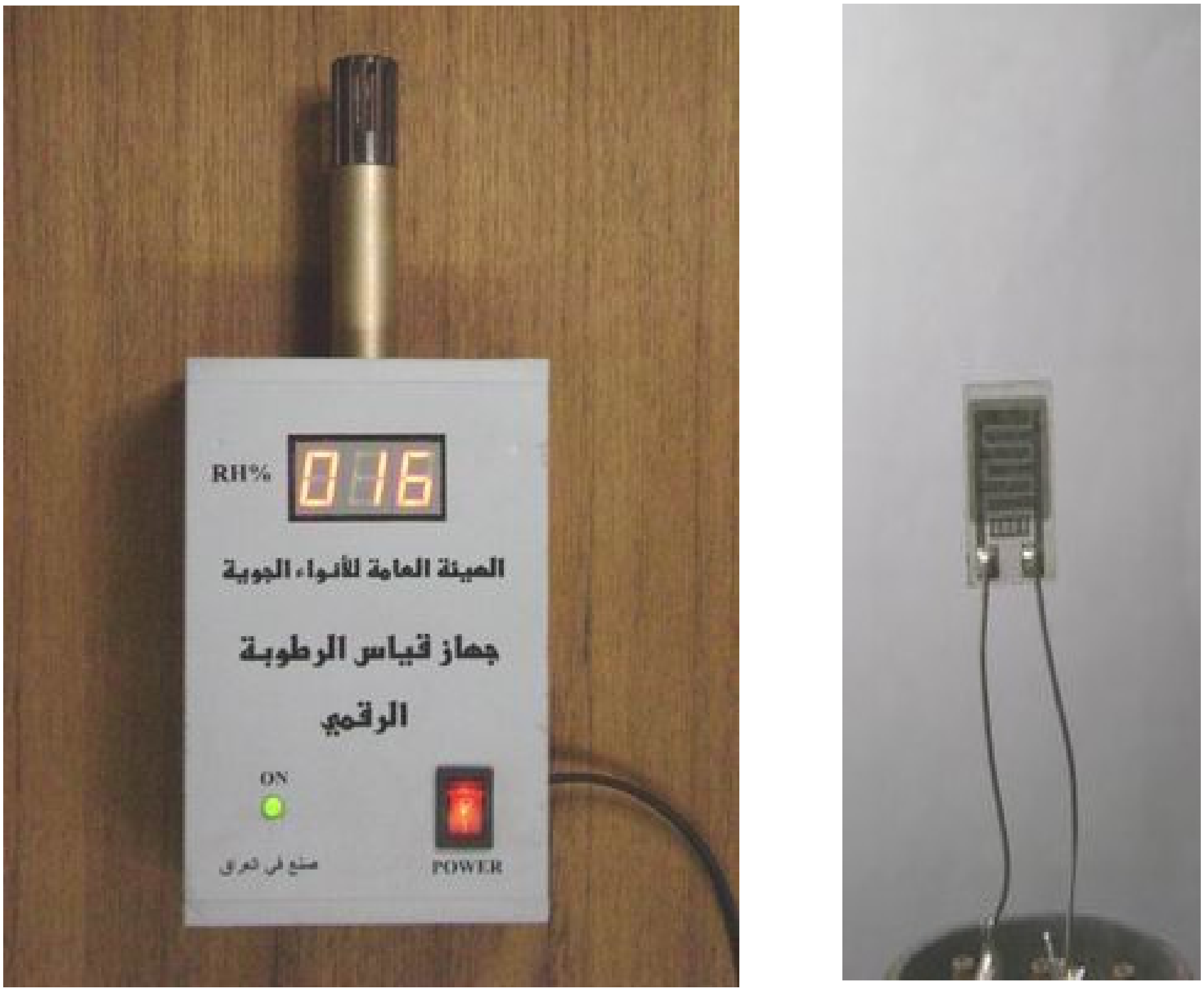
شكل (19 – 8) جهاز ارسال واستقبال الاشعة تحت الحمراء

14 – جهاز قياس الرطوبة الرقمي

جهاز صغير لقياس الرطوبة النسبية ودون الحاجة الى المحارير والبصلة المبللة وفرق درجات الحرارة (الطريقة التقليدية) استجابته للتغير سريعة جدا . تم تصميمه في 2003 واختبر في دائرة الانواء الجوية واثبت نجاحه وكفاءته ودقة قياساته . يتكون من متحسس حديث الصنع متكون من مادة عضوية Organic بين صفيحتين معدنيتين كالمتسعة وتتغير قيمة هذه المتسعة بتغير درجة الرطوبة هذا المتحسس يستعمل في اجهزة Radio sound الخاصة بالانواء الجوية والتي تطلق بواسطة بالونات الى اعالي الجو وهو من انتاج شركة (VISALA) الفلندية وهي من اشهر شركات تصنيع اجهزة الانواء الجوية . نسبة قراءة DPM هو 1mv/1°RH والدائرة تخرج من 0 الى 100ma وتعادل 0 الى 100%RH .


0.022µf
Min ajs
2.2k
390Ω
10k
10k
390Ω
2N3227
39pf
40pf
Max ajs
2N3227
390Ω
0.01µf
HMP23U
متحسس الرطوبة
100µf
0.01µf
390Ω
2.2k
1999
47Ω
20
1
a b e f b d e f a b c d e g f a b C d
4 3 3 3 3 2 2 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1
7107
g a c g
3 3 3 2
21
40
100µf
- 5V
470K
100n
0.047µ
10n
1M
100n
22k
22k
100K
100pf
+5V
280Ω
100µf
جهاز قياس الرطوبة النسبية الرقمي
تصميم قصي الفرضي 2003

شكل (20– 8) الرسم الهندسي لجهاز قياس الرطوبة الرقمي


RH%
016
الهيئة العامة للأنواء الجوية
جهاز قياس الرطوبة
الرقمي
ON
صنع في العراق
POWER

شكل (21 – 8) على اليسار صورة توضيحية للجهاز وعلى اليمين صورة لمتحسس الرطوبة في اعلى الجهاز والمغلف بغطاء بلاستيكي بني لحمايته

جدول كيبلات (LMR + RG)

Type of Line	Zo Ω	VF %	PF/foot	OD	Material	Max V
RG – 6	75	75	16.6	0.266	Foam PE	—
RG - 6X	52	75	26	0.242	Foam PE	—
RG – 8	52	66	29.5	0.405	PE	4000
RG – 8 foam	50	80	25.4	0.405	Foam PE	1500
RG – 8A	52	66	29.5	0.405	PE	5000
RG – 9	51	66	30	0.420	PE	4000
RG – 9A	51	66	50	0.420	PE	4000
RG – 9B	50	66	30	0.420	PE	5000
RG – 11	75	66	20	0.405	PE	4000
RG – 11 foam	75	80	16.9	0.405	Foam PE	1500
RG -11 A	75	66	20.6	0.405	PE	5000
RG – 12	75	66	20.6	0.475	PE	4000
RG – 12A	75	66	20.6	0.475	PE	5000
RG – 17	52	66	29.5	0.570	PE	11000
RG – 17A	52	66	29.5	0.570	PE	11000
RG – 55	53.5	66	28.5	0.216	PE	1900
RG – 55A	50	66	30.8	0.216	PE	1900
RG – 55B	53.5	66	28.5	0.216	PE	1900
RG – 58	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG – 58 foam	53.5	79	28.5	0.195	Foam PE	600
RG – 58A	53.5	66	28.5	0.195	PE	1900
RG – 58B	53.5	66	26.5	0.195	PE	1900
RG – 58C	50	66	30.8	0.195	PE	1900
RG - 59	73	66	21	0.242	PE	2300
RG – 59 foam	75	79	16.9	0.242	Foam PE	600
RG – 59A	73	66	21	0.242	PE	2300
RG – 62	93	66	13.5	0.242	Air space PE	750
RG – 62 foam	95	79	13.4	0.242	Foam PE	700
RG – 62A	93	66	13.5	0.242	Air space PE	750

RG – 62B	93	66	13.5	0.242	Air space PE	750
RG – 133A	95	66	16.2	0.405	PE	4000
RG – 141	50	70	29.4	0.190	PTFE	1900
RG – 141A	50	70	29.4	0.190	PTFE	1900
RG – 142	50	70	29.4	0.206	PTFE	1900
RG – 142A	50	70	29.4	0.206	PTFE	1900
RG – 142B	50	70	29.4	0.195	PTFE	1900
RG – 174	50	66	30.8	0.100	PE	1500
RG – 213	50	66	30.8	0.405	PE	5000
RG – 214	50	66	30.8	0.425	PE	5000
RG – 215	50	66	30.8	0.425	PE	5000
RG – 216	75	84	20.6	0.425	PE	5000
RG – 223	50	75	30.8	0.212	PE	1900
LMR - 195	50	80	24.5	0.187	PEF	1000
LMR - 200	50	83	24.5	0.187	PEF	1000
LMR - 240	50	84	24.2	0.25	PEF	5000
LMR - 400	50	85	23.9	0.405	PEF	8000
LMR - 600	50	87	23.4	0.59	PEF	8000
LMR - 900	50	87	23.4	0.87	PEF	8000

Type of line = رقم الكيبل

Zo = Ω ممانعة الكيبل بالاوم

VF = Velocity factor سرعة الموجة في الكيبل

PF / foot = السعة بالبيكو فراد لكل قدم

OD = Outer diminution قطر الكيبل الخارجي بالانج

Material = نوع العازل PE تعني بولي اثيلين

Max V = RMS اعلى جهد تشغيل بالفولت

جدول بقياس اقطار الاسلاك المعدنية بقياس الانج والملمتر

Gauge قياس السلك	Inch قطر السلك أنج	m/m قطر السلك ملمتر
1	0.300	7.62
2	0.276	7.06
3	0.252	6.40
4	0.232	5.89
5	0.212	5.38
6	0.192	4.88
7	0.176	4.46
8	0.160	4.06
9	0.144	3.66
10	0.128	3.24
11	0.116	2.94
12	0.104	2.642
13	0.092	2.336
14	0.080	2.03
15	0.072	1.828
16	0.064	1.625
17	0.056	1.422
18	0.048	1.219
19	0.040	1.016
20	0.036	.914
21	0.032	.821
22	0.028	.711
23	0.024	.61
24	0.022	.558
25	0.020	.508
26	0.018	.457

27	0.016	.406
28	0.0148	.376
29	0.0136	.345
30	0.012	.304
31	0.0116	.29
32	0.0108	.274
33	0.010	.254
34	0.009	.228
35	0.008	.203
36	0.0076	.193

جدول الطيف الترددي العام

BANDWIDTH DESCRIPTION	FREQUENCY RANGE		
Extremely Low Frequency (ELF)	0 KHz	to	3 KHz
Very Low Frequency (VLF)	3 KHz	to	30 KHz
Radio Navigation & Maritime/Aeronautical Mobile	9 KHz	to	540 KHz
Low Frequency (LF)	30 KHz	to	300 KHz
Medium Frequency (MF)	300 KHz	to	3000 KHz
AM Radio Broadcast	540 KHz	to	1630 KHz
Travellers Information Service	1610 KHz	---	---- -----
High Frequency (HF)	3 MHz	to	30 MHz
Shortwave Broadcast Radio	5.95 MHz	to	26.1 MHz
Very High Frequency (VHF)	30 MHz	to	300 MHz
Low Band: TV Band 1 - Channels 2-6	54 MHz	to	88 MHz
Mid Band: FM Radio & Broadcast	88 MHz	to	174 MHz
High Band: TV Band 2 - Channels 7-13	174 MHz	to	216 MHz
Super Band (mobile/fixed radio TV)	216 MHz	to	600 MHz

Ultra-High Frequency (UHF)	**300 MHz**	**to**	**3000 MHz**
Channels 14-70	**470 MHz**	**to**	**806 MHz**
L-band:	**500 MHz**	**to**	**1500 MHz**
Personal Communications Services (PCS)	**1850 MHz**	**to**	**1990 MHz**
Unlicensed PCS Devices	**1910 MHz**	**to**	**1930 MHz**
Superhigh Frequencies (SHF) (Microwave)	**3 GHz**	**to**	**30.0 GHz**
C-band	**3600 MHz**	**to**	**7025 MHz**
X-band:	**7.25 GHz**	**to**	**8.4 GHz**
Ku-band	**10.7 GHz**	**to**	**14.5 GHz**
Ka-band	**17.3 GHz**	**to**	**31.0 GHz**
Extremely High Frequencies (EHF) (Millimeter Wave Signals)	**30.0 GHz**	**to**	**300 GHz**
Additional Fixed Satellite	**38.6 GHz**	**to**	**275 GHz**
Infrared Radiation	**300 GHz**	**to**	**810 THz**
Visible Light	**810 THz**	**to**	**1620 THz**
Ultraviolet Radiation	**1.62 PHz**	**to**	**30 PHz**
X-Rays	**30 PHz**	**to**	**30 EHz**
Gamma Rays	**30 EHz**	**to**	**3000 EHz**

VSWR	% Power to antenna	Power loss in dBs	% loss in potential range
1	100	0	0
1.5	96	0.18	2.02
2	89	0.51	5.7
2.5	82	0.88	9.65
3	75	1.25	13.4
3.5	69	1.6	16.85
4	64	1.94	20.00
4.5	60	2.25	22.86
5	56	2.55	25.46
6	49	3.1	30.00
7	44	3.59	33.86
8	40	4.03	37.15
9	36	4.44	40.00
10	33	4.81	42.5

جدول يبين مقدار القدرة الواصلة للهوائي والفقد الحاصل ب dB والنسبة المؤية عند ارتفاع SWR من 1 الى 10 يستفاد منه في حساب القدرة الفعلية الواصلة الى الهوائي في كل حالات ارتفاع SWR .

جدول تحويل dBm الى الواط والفولتية لنظام 50 اوم يستعمل في الاتصالات

Table 13. dBm-Watts-Volts Conversion—for 50 Ohm Systems

dBm	V	Po
+53	100.0	200W
+50	70.7	100W
+49	64.0	80W
+48	58.0	64W
+47	50.0	50W
+46	44.5	40W
+45	40.0	32W
+44	32.5	25W
+43	32.0	20W
+42	28.0	16W
+41	26.2	12.5W
+40	22.5	10W
+39	20.0	8W
+38	18.0	6.4W
+37	16.0	5W
+36	14.1	4W
+35	12.5	3.2W
+34	11.5	2.5W
+33	10.0	2W
+32	9.0	1.6W
+31	8.0	1.25W
+30	7.10	1.0W
+29	6.40	800mW
+28	5.80	640mW
+27	5.00	500mW
+26	4.45	400mW
+25	4.00	320mW
+24	3.55	250mW
+23	3.20	200mW
+22	2.80	160mW
+21	2.52	125mW
+20	2.25	100mW
+19	2.00	80mW
+18	1.80	64mW
+17	1.60	50mW
+16	1.41	40mW
+15	1.25	32mW
+14	1.15	25mW
+13	1.00	20mW
+12	.90	16mW
+11	.80	12.5mW
+10	.71	10mW
+9	.64	8mW
+8	.58	6.4mW
+7	.500	5mW
+6	.445	4mW
+5	.400	3.2mW
+4	.355	2.5mW
+3	.320	2.0mW
+2	.280	1.6mW
+1	.252	1.25mW

dBm	V	Po
0	.225	1.0mW
-1	.200	.80mW
-2	.180	.64mW
-3	.160	.50mW
-4	.141	.40mW
-5	.125	.32mW
-6	.115	.25mW
-7	.100	.20mW
-8	.090	.16mW
-9	.080	.125mW
-10	.071	.10mW
-11	.064	
-12	.058	
-13	.050	
-14	.045	
-15	.040	
-16	.0355	

dBm	mV	Po
-17	31.5	
-18	28.5	
-19	25.1	
-20	22.5	.01mW
-21	20.0	
-22	17.9	
-23	15.9	
-24	14.1	
-25	12.8	
-26	11.5	
-27	10.0	
-28	8.9	
-29	8.0	
-30	7.1	.001mW
-31	6.25	
-32	5.6	
-33	5.0	
-34	4.5	
-35	4.0	
-36	3.5	
-37	3.2	
-38	2.85	
-39	2.5	
-40	2.25	.1µW
-41	2.0	
-42	1.8	
-43	1.6	
-44	1.4	
-45	1.25	
-46	1.18	
-47	1.00	
-48	0.90	

dBm	mV	Po
-49	0.80	
-50	0.71	.01µW
-51	0.64	
-52	0.57	
-53	0.50	
-54	0.45	
-55	0.40	
-56	0.351	
-57	0.32	
-58	0.286	
-59	0.251	
-60	0.225	.001µW
-61	0.200	
-62	0.180	
-63	0.160	
-64	0.141	

dBm	µV	Po
-65	128	
-66	115	
-67	100	
-68	90	
-69	80	
-70	71	.1nW
-71	65	
-72	58	
-73	50	
-74	45	
-75	40	
-76	35	
-77	32	
-78	29	
-79	25	
-80	22.5	.01nW
-81	20.0	
-82	18.0	
-83	16.0	
-84	11.1	
-85	12.9	
-86	11.5	
-87	10.0	
-88	9.0	
-89	8.0	
-90	7.1	.001nW
-91	6.1	
-92	5.75	
-93	5.0	
-94	4.5	
-95	4.0	
-96	3.51	
-97	3.2	

dBm	µV	Po
-98	2.9	
-99	2.51	
-100	2.25	.1pW
-101	2.0	
-102	1.8	
-103	1.6	
-104	1.41	
-105	1.27	
-106	1.18	

dBm	nV	Po
-107	1000	
-108	900	
-109	800	
-110	710	.01pW
-111	640	
-112	580	
-113	500	
-114	450	
-115	400	
-116	355	
-117	325	
-118	285	
-119	251	
-120	225	.001pW
-121	200	
-122	180	
-123	160	
-124	141	
-125	128	
-126	117	
-127	100	
-128	90	
-129	80	.1fW
-130	71	
-131	61	
-132	58	
-133	50	
-134	45	
-135	40	
-136	35	
-137	33	
-138	29	
-139	25	
-140	23	.01fW

جدول خاص بترددات التلفزيون VHF & UHF

VHF TELEVISION FREQUENCIES

BAND	CH#	FREQUENCY
VHF LOW	02	54-60 MHz
VHF LOW	03	60-66 MHz
VHF LOW	04	66-72 MHz
VHF LOW	05	76-82 MHz
VHF LOW	06	82-88 MHz

BAND	CH#	FREQUENCY
VHF HIGH	07	174-180 MHz
VHF HIGH	08	180-186 MHz
VHF HIGH	09	186-192 MHz
VHF HIGH	10	192-198 MHz
VHF HIGH	11	198-204 MHz
VHF HIGH	12	204-210 MHz
VHF HIGH	13	210-216 MHz

UHF TELEVISION FREQUENCIES

CH #	FREQUENCY
14	470-476 MHz
15	476-482 MHz
16	482-488 MHz
17	488-494 MHz
18	494-500 MHz
19	500-506 MHz
20	506-512 MHz
21	512-518 MHz
22	518-524 MHz
23	524-530 MHz
24	530-536 MHz
25	536-542 MHz
26	542-548 MHz
27	548-554 MHz
28	554-560 MHz
29	560-566 MHz
30	566-572 MHz
31	572-578 MHz
32	578-584 MHz
33	584-590 MHz
34	590-596 MHz
35	596-602 MHz
36	602-608 MHz
37	608-614 MHz

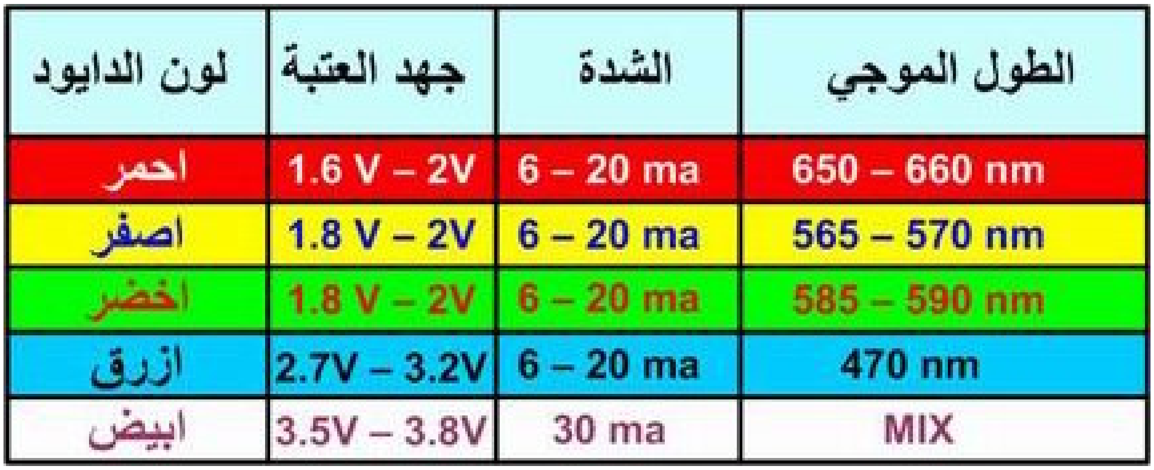
CH #	FREQUENCY
38	614-620 MHz
39	620-626 MHz
40	626-632 MHz
41	632-638 MHz
42	638-644 MHz
43	644-650 MHz
44	650-656 MHz
45	656-662 MHz
46	662-668 MHz
47	668-674 MHz
48	674-680 MHz
49	680-686 MHz
50	686-692 MHz
51	692-698 MHz
52	698-704 MHz
53	704-710 MHz
54	710-716 MHz
55	716-722 MHz
56	722-728 MHz
57	728-734 MHz
58	734-740 MHz
59	740-746 MHz
60	746-752 MHz
61	752-758 MHz

CH #	FREQUENCY
62	758-764 MHz
63	764-770 MHz
64	770-776 MHz
65	776-782 MHz
66	782-788 MHz
67	788-794 MHz
68	794-800 MHz
69	800-806 MHz
70	806-812 MHz
71	812-818 MHz
72	818-824 MHz
73	824-830 MHz
74	830-836 MHz
75	836-842 MHz
76	842-848 MHz
77	848-854 MHz
78	854-860 MHz
79	860-866 MHz
80	866-872 MHz
81	872-878 MHz
82	878-884 MHz
83	884-890 MHz

الألوان والأطوال الموجية والترددات للضوء المرئي

color	Wavelength (nm)	Frequency (THz)
Red	780 - 622	384 - 482
orange	622 - 597	482 - 503
Yellow	597 - 577	503 - 520
Green	577 - 492	520 - 610
Blue	492 - 455	610 - 659
violet	455 - 390	659 - 769

الطول الموجي والتيار والفولتية لانواع الدايودات (LED)



الطول الموجي	الشدة	جهد العتبة	لون الدايود
650 – 660 nm	6 – 20 ma	1.6 V – 2V	احمر
565 – 570 nm	6 – 20 ma	1.8 V – 2V	اصفر
585 – 590 nm	6 – 20 ma	1.8 V – 2V	اخضر
470 nm	6 – 20 ma	2.7V – 3.2V	ازرق
MIX	30 ma	3.5V – 3.8V	ابيض

جدول يبين ثابت العزل لبعض المواد المستخدمة في صناعة المتسعات

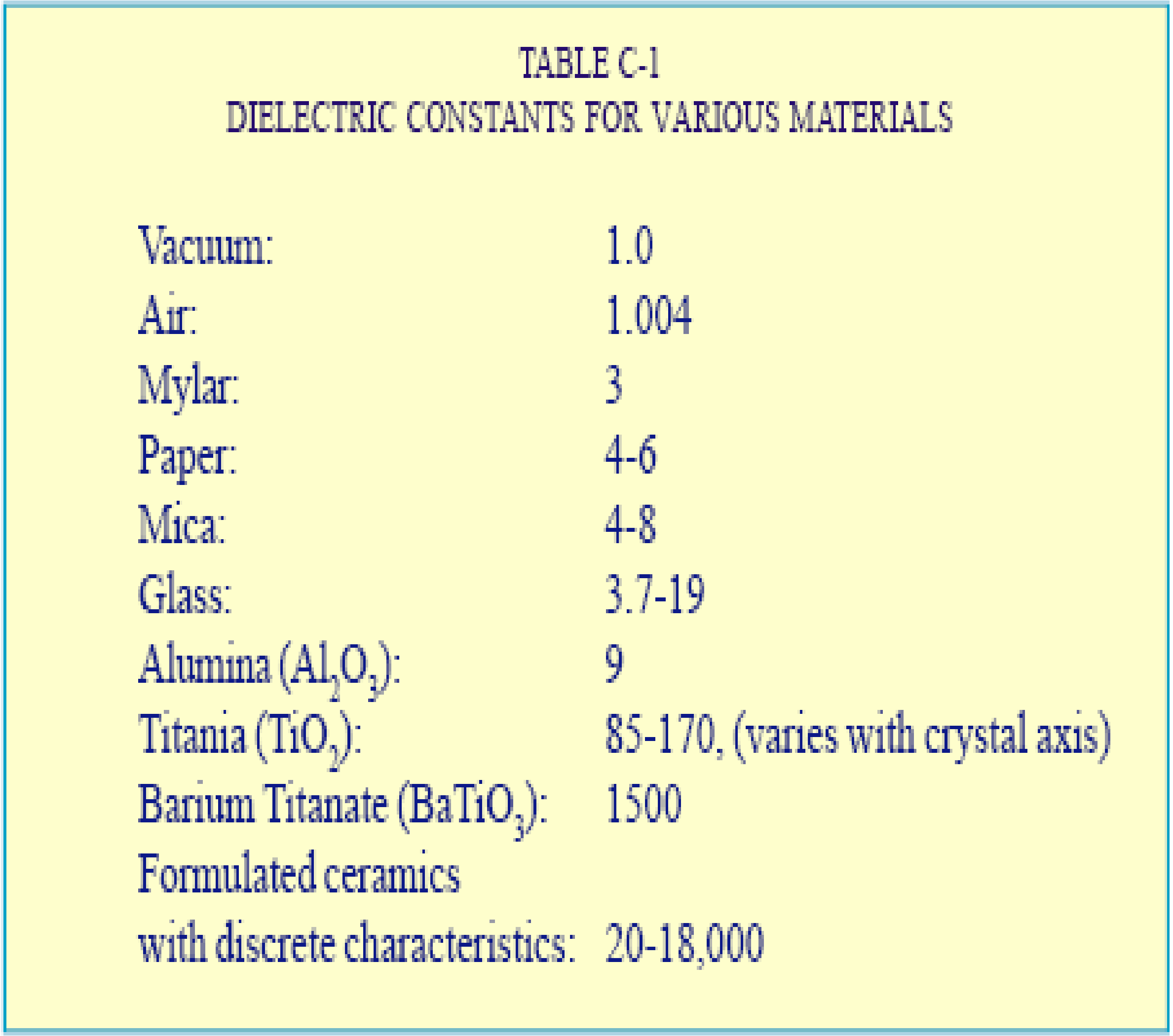
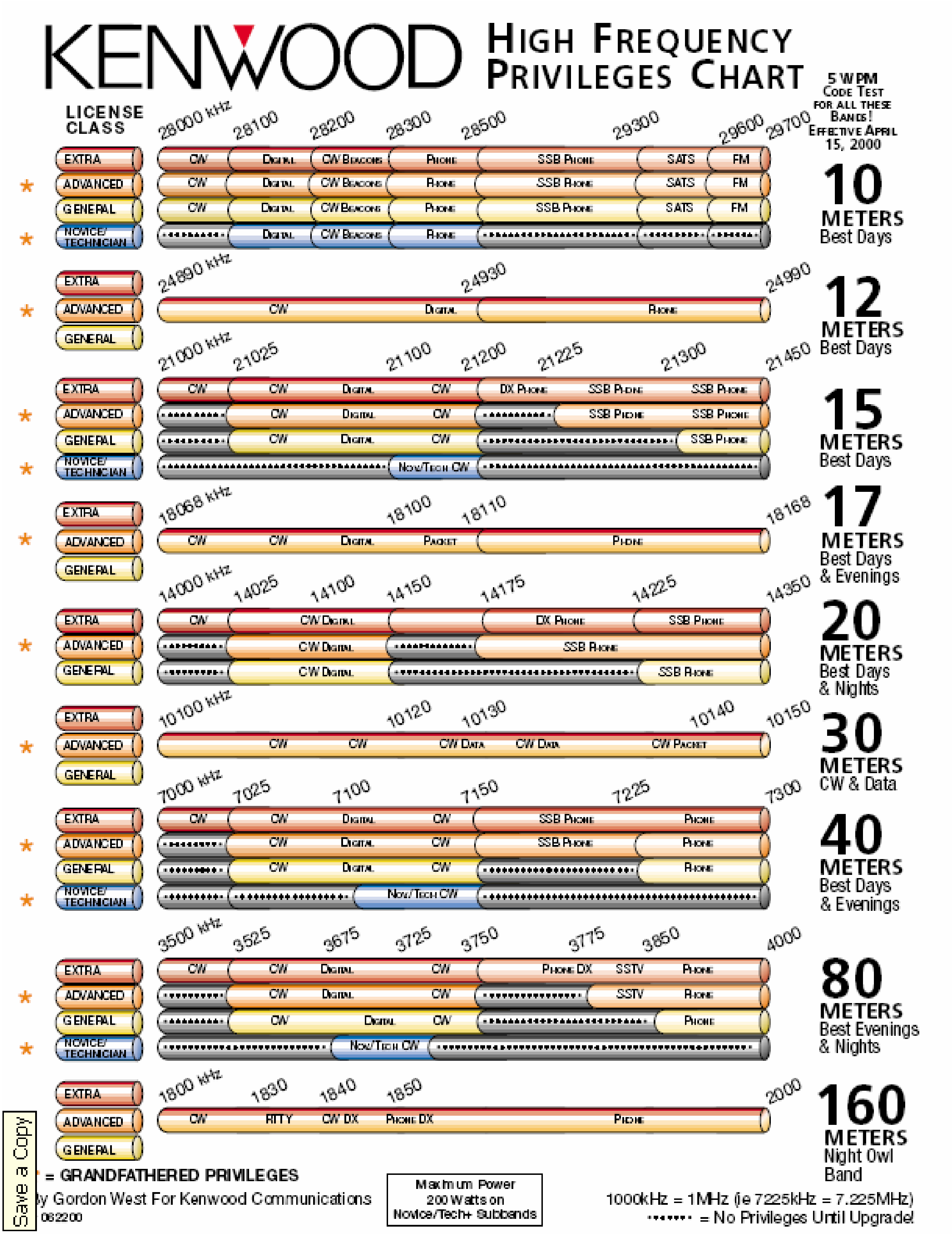


TABLE C-1

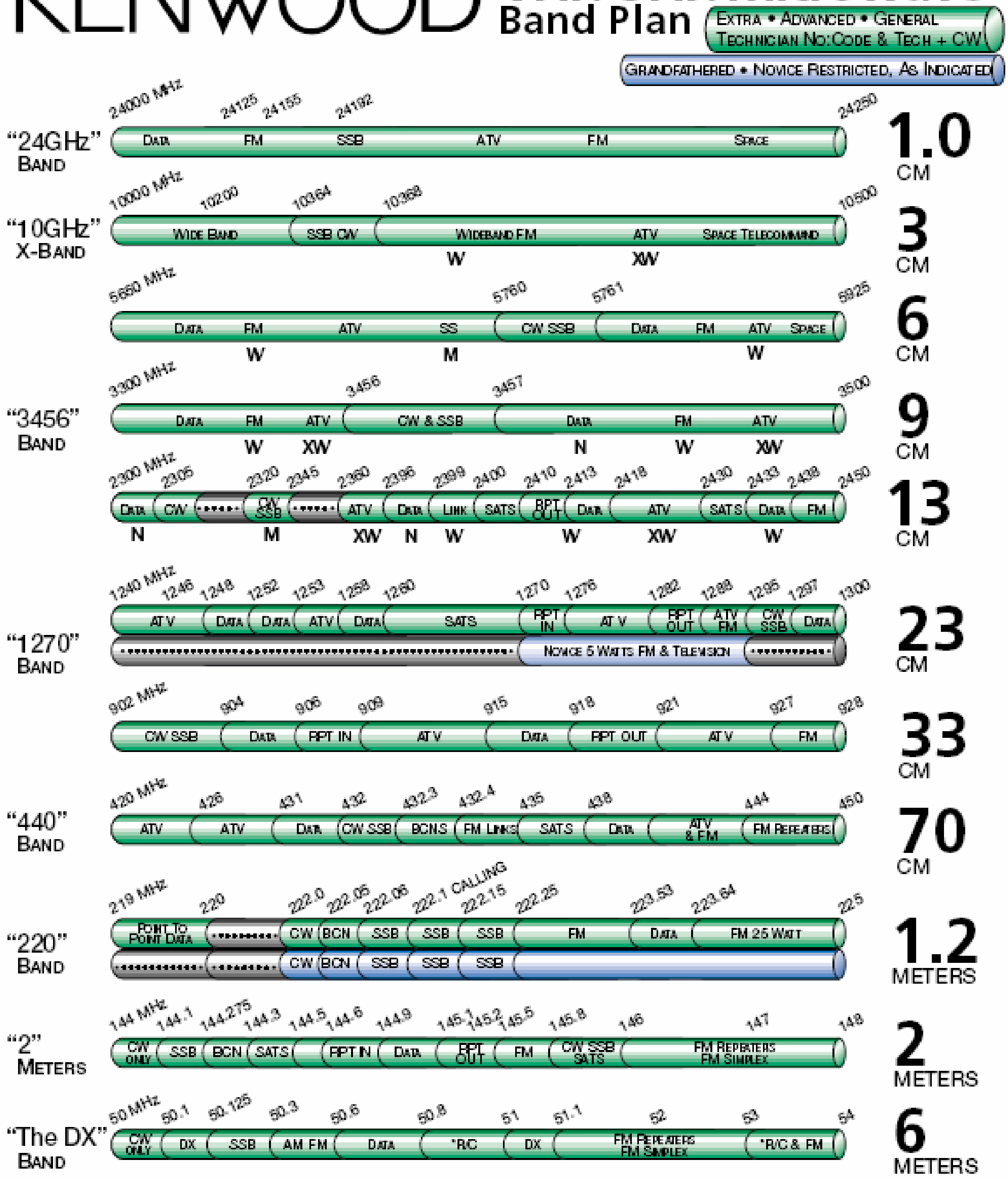
DIELECTRIC CONSTANTS FOR VARIOUS MATERIALS

Vacuum:	1.0
Air:	1.004
Mylar:	3
Paper:	4-6
Mica:	4-8
Glass:	3.7-19
Alumina (Al_2O_3):	9
Titania (TiO_2):	85-170, (varies with crystal axis)
Barium Titanate ($BaTiO_3$):	1500
Formulated ceramics with discrete characteristics:	20-18,000

جدول عام لترددات الهواة HF و VHF و UHF


KENWOOD
HIGH FREQUENCY PRIVILEGES CHART
5 WPM Code Test for all these Bands! Effective April 15, 2000
LICENSE CLASS
EXTRA
ADVANCED
GENERAL
NOVICE/ TECHNICIAN
10 METERS Best Days
28000 kHz 28100 28200 28300 28500 29300 29600 29700
CW Digital CW Beacons Phone SSB Phone SATS FM
12 METERS Best Days
24890 kHz 24930 24990
CW Digital Phone
15 METERS Best Days
21000 kHz 21025 21100 21200 21225 21300 21450
CW CW Digital CW DX Phone SSB Phone SSB Phone
Nov/Tech CW
17 METERS Best Days & Evenings
18068 kHz 18100 18110 18168
CW CW Digital Packet Phone
20 METERS Best Days & Nights
14000 kHz 14025 14100 14150 14175 14225 14350
CW CW Digital DX Phone SSB Phone
30 METERS CW & Data
10100 kHz 10120 10130 10140 10150
CW CW CW Data CW Data CW Packet
40 METERS Best Days & Evenings
7000 kHz 7025 7100 7150 7225 7300
CW CW Digital CW SSB Phone Phone
Nov/Tech CW
80 METERS Best Evenings & Nights
3500 kHz 3525 3675 3725 3750 3775 3850 4000
CW CW Digital CW Phone DX SSTV Phone
Nov/Tech CW
160 METERS Night Owl Band
1800 kHz 1830 1840 1850 2000
CW RTTY CW DX Phone DX Phone
* = GRANDFATHERED PRIVILEGES
by Gordon West For Kenwood Communications
062200
Maximum Power 200 Watts on Novice/Tech+ Subbands
1000kHz = 1MHz (ie 7225kHz = 7.225MHz)
••••••• = No Privileges Until Upgrade!
Save a Copy

KENWOOD VHF/UHF/Microwave Band Plan


EXTRA • ADVANCED • GENERAL
TECHNICIAN NO:CODE & TECH + CW
GRANDFATHERED • NOVICE RESTRICTED, AS INDICATED
"24GHz" BAND
24000 MHz 24125 24155 24192 24250
DATA FM SSB ATV FM SPACE
1.0 CM
"10GHz" X-BAND
10000 MHz 10200 10364 10368 10500
WIDE BAND SSB CW WIDEBAND FM ATV SPACE TELECOMMAND
W XW
3 CM
5650 MHz 5760 5761 5925
DATA FM ATV SS CW SSB DATA FM ATV SPACE
W M W
6 CM
"3456" BAND
3300 MHz 3456 3457 3500
DATA FM ATV CW & SSB DATA FM ATV
W XW N W XW
9 CM
2300 MHz 2305 2320 2345 2360 2396 2399 2400 2410 2413 2418 2430 2433 2438 2450
DATA CW CW SSB ATV DATA LINK SATS RPT OUT DATA ATV SATS DATA FM
N M XW N W W XW W
13 CM
"1270" BAND
1240 MHz 1246 1248 1252 1253 1258 1260 1270 1276 1282 1288 1295 1297 1300
ATV DATA DATA ATV DATA SATS RPT IN ATV RPT OUT ATV FM CW SSB DATA
NOVICE 5 WATTS FM & TELEVISION
23 CM
902 MHz 904 906 909 915 918 921 927 928
CW SSB DATA RPT IN ATV DATA RPT OUT ATV FM
33 CM
"440" BAND
420 MHz 426 431 432 432.3 432.4 435 438 444 450
ATV ATV DATA CW SSB BCNS FM LINKS SATS DATA ATV & FM FM REPEATERS
70 CM
"220" BAND
219 MHz 220 222.0 222.05 222.06 222.1 CALLING 222.15 222.25 223.53 223.64 225
POINT TO POINT DATA CW BCN SSB SSB SSB FM DATA FM 25 WATT
CW BCN SSB SSB SSB
1.2 METERS
"2" METERS
144 MHz 144.1 144.275 144.3 144.5 144.6 144.9 145.1 145.2 145.5 145.8 146 147 148
CW ONLY SSB BCN SATS RPT IN DATA RPT OUT FM CW SSB SATS FM REPEATERS FM SIMPLEX
2 METERS
"The DX" BAND
50 MHz 50.1 50.125 50.3 50.6 50.8 51 51.1 52 53 54
CW ONLY DX SSB AM FM DATA *R/C DX FM REPEATERS FM SIMPLEX *R/C & FM
6 METERS

BANDWIDTH	
XW	= 6MHz + BW
W	= 1MHz BW
M	= 100kHz BW
N	= 50kHz BW

AM - Amplitude Modulation
ATV - Amateur Television
BCNS - Automatic Propagation Transmitter (Beacon)
CW - Morse Code
Data - packet, RTTY, Amtor
DX - Distant station contacts
(longer range than usual)
FM - Frequency Modulation
FM Links - FM relay from one repeater to another

FM Repeaters - FM relay stations
FM Simplex - FM direct contacts
Link - relay stations for data & voice
Phone DX - long distance voice transmission
Point to Point Data - automatic packet radio
transfer stations
*R/C - radio control models
RPT/IN - your transmit frequency to a repeater
RPT/OUT - output side of FM repeaters

SATS - Satellite & Space Shuttle Communication
Space - Satellite Operation
Space Telecommand - uplinks to control satellites
SS - Spread Spectrum
SSB - Single Sideband Weak-Signal Work
SSB/CW - both Sideband & Morse Code
SSTV - slow scan TV
Wide Band FM - television audio
Wide Band - FM, AM, Spread Spectrum, Television

روابط مفيدة على الانترنيت لمواقع علمية ولبرامج تصاميم ولهواة

1 - http://www.iraqi-ars.org/ موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي موقع علمي للجمعية يحوي على مشاريع الكترونية واسماء الهواة العراقيين المرخصين ومواقع خاصة ببرامج الهواة .

2 - http://www.laselki.net/ موقع لمنتدى هواة اللاسلكي العرب موقع علمي يناقش الاراء والاجهزة والهوائيات ومواضيع متعلقة بهواية اللاسلكي .

3 - http://www.qariya.com/vb/ موقع القرية الالكترونية موقع علمي شامل للالكترونيات واللاسلكي وكهربائيات السيارات والتبريد والحاسبات وغيرها .

4 – QRZ.COM موقع عالمي لجميع هواة اللاسلكي مع اشارات النداء وايميلاتهم وصورهم .

5 - http://www.cmc.iq/ موقع الهيئة العامة للاتصالات والاعلام وهي الجهة الوحيدة المسؤلة عن ترخيص الهواة والمحطات الاذاعية والتلفزيونية في العراق .

6 - http://www.ocarc.ca/coax.htm موقع لحساب الفقد في الكيبلات وحساب القدرة الحقيقية الواصلة الى الهوائي لكل انواع الكيبلات الشائعة.

7 - http://www.comsearch.com/satellite/tools_fsl.jsp

http://www.afar.net/rf-link-budget-calculator/

موقعين لحساب الفقد في الهواء بالنسبة للاشارات اللاسلكية بكل الترددات المسافات ولمختلف الكيبلات والهوائيات .

8 - http://ac6v.com/frequencies.htm دليل شامل لترددات الهواة بكل انواعها واستعمالاتها وكذلك المدنية العسكرية والجوية والبحرية .

9 - http://www.csgnetwork.com/freqwavelengthcalc.html برنامج لحساب الاطوال الموجية بالمتر والقدم والانج والملمتر وكذلك انصاف وارباع ومضاعفات الاطوال الموجية لكل الترددات .

http://www.csgnetwork.com/hfreqfiltercalc.html - 10
برنامج صغير لتصميم وحساب المرشحات Filter للترددات العالية مع قيم المتسعات والملفات .

Data sheet موقع /http://www.datasheetcatalog.net -11
للترانسستر والدايود والدوائر المتكاملة IC لكثير من الشركات العالمية المشهورة.

http://www.educypedia.be/electronics/antennatypeslist.htm - 12
موقع لانواع كثيرة من الهوائيات بمختلف اشكالها وانواعها وتردداتها .

http://www.discovercircuits.com/list.htm - 13 موسوعة رائعة للدوائر الالكترونية تضم اكثر من 25000 دائرة بمختلف المجالات .

http://www.mikrotik.com/test_link.php - 14 موقع لحساب قوة الاشارة المستلمة بين محطتين بحساب كسب الهوائيين وفقد الكيبلات والتردد المستخدم .

http://vk5dj.mountgambier.org/Yagi/Yagi.html - 15 موقع لبرنامج تصميم هوائيات ياكي كفوءة لنطاقي .VHF&UHF

/http://www.ve3sqb.com - 16 موقع متميز للهاوي الكندي ve3sqb برامج تصاميم لمختلف انواع الهوائيات.

/http://www.eham.net – 17 موقع شامل لهواة الراديو يحوي على اخبار ومقالات علمية ومشاريع وغيرها.

/http://www.hamradioindia.org - 18 موقع هواة الراديو الهنود موقع يحوي على دوائر الكترونية وهوائيات واجهزة متنوعة.

http://www.ac6v.com/antprojects.htm - 19 موقع شامل للهوائيات والتصاميم لكل الترددات.

تم بعونه تعالى في 10 / 5 / 2008

الفهرس

الفصل الاول

الموضوع	رقم الصفحة
طبيعة الموجات	4
خواص الحركة الموجية	6
الموجات الواقفة	6
طبيعة الموجات اللاسلكية	7
انتشار الموجات الارضية	8
الموجات السماوية	9
تقسيمات في الاتصالات اللاسلكية	10
الانتشار وطبقة الايونوسفير	11
التردد الحرج والزاوية الحرجة	15
زوايا ارسال الموجات السماوية	16
الاتصالات الفضائية	17

الفصل الثانى

تعاريف بعض المصطلحات الالكترونية	23
الرموز القطع الالكترونية المهمة	25
جمع المقاومات	26
انواع المقاومات	27
المتسعات	29
جمع المتسعات	33
اشباه الموصلات	35
دايودات	35
انواع الدايودات	36
مبدأ عمل الدايود	39
الترانسستور وانواعه	39
مميزات وطرق ربط الترانسستور الثنائي	41
ترانسسترات تأثير المجال	42

مميزات ربط الترانسستر المجالي 43
انواع الترانسسترات JFET 44
ترانسسترات الاكاسيد الفلزية 44
ترانسسترات وحيدة الوصلة 45
الدوائر المنطقية 45
العائلات المنطقية ومميزاتها 46
الجداول المنطقية مع جداول الحقيقة 49
مقارنة بين TTL و CMOS 53
بعض المصطلحات اللاسلكية المهمة 54

الفصل الثالث

دوائر الرنين 60
عامل الجودة 62
محولات الربط والتنغيم الخلافي الراديوية 63
مصائد الموجات 65
المرشحات السعوية المقاومية 66
المرشحات الحثية السعوية 69
المعادلات التصميمية لمرشحات LC 69
القلوب الدائرية والفيرايت 74
تشبع وقدرة القلب 76
لف القلوب الدائرية وعامل حث القلب 77

الفصل الرابع

الارسال 80
المذبذب 80
مكبر التردد الراديوي 81
مكبر القدرة الراديوية 82
الفرق بين مرسلات AM و FM 83
الاستقبال 86
انتخاب الذبذبة والمذبذب والمازج 87
مرحلة التردد الوسط 88

مرحلة الكشف 89
المكبر الصوتي 90
التحميل او التضمين Modulation 91
التحميل المستمر 92
تحميل SSB 93
تحميل FM 94
تحميل الوجه .Phase Mod 95
التحميل النبضي 95
التشفير 97
قفل الطور الحلقي PLL 99

الفصل الخامس

طبيعة الصوت 101
خصائص الصوت 102
الموجات فوق الصوتية 103
التطبيقات للموجات فوق الصوتية 103
المايكروفونات 105
المايكروفون الكاربوني 105
المايكروفون الديناميكي 106
المايكروفون السعوي 108
المايكروفون البلوري 109
المايكرفون الشريطي 111
الصمامات الالكترونية 113
اقسام الصمامات 114
تركيب الصمام الالكتروني 115
الصمام الثلاثي 116
الصمام الرباعي 117
الصمام الخماسي 118
رموز الصمامات 119

الفصل السادس

الهوائي والطول الموجي 121
الممانعة وال SWR 122
عرض الحزمة 122
الديسيبيل وانواعه 123
التوجيه والكسب 126
قياس الكسب 127
قياس شدة الاشارة والفقد في الهوائي 127
حساب كسب النظام 128
حدود التلاشي 129
اقسام الهوائيات 129
انواع الهوائيات العمودية 130
الهوائيات الغير الموجهة 130
الهوائيات الموجهة 131
الهوائيات العمودية 131
هوائي ربع طول الموجة 131
هوائي 5/8 طول الموجة 132
هوائي متعدد الموجات 132
هوائي J pole 133
هوائي Supper J pole 133
هوائي Slim jim 134
هوائي Colliner 134
هوائي القرص 135
هوائي ماركوني 136
هوائي بازوكا 137
هوائي دايبول 2/ ג 138
هوائي دايبول متعدد 139
هوائي دايبول مقلوب 139
هوائي دايبول مصيدة 140
هوائي ملف 141
هوائي دائري 142
هوائي دايبول مطوي 143
هوائي سلك السماء 144

هوائي خفاقة البيض 145
هوائي المعدن السائل 147
هوائي ياكي 149
هوائي المكعب الرباعي 151
هوائي Log periodic 152
هوائي Helical 152
هوائي بوقي 154
هوائي صحن 155
هوائي قطاعي 156
هوائي موكسن 157
هوائي الستارة الرباعي 159
اشكال بث الهوائي 161

الفصل السابع

الكيبلات 162
السعة الداخلية للكيبلات 165
ممانعة الكيبل 166
معامل سرعة الكيبل 168
تردد القطع 169
زمن التأخير 169
أنواع الكيبلات 173
أنواع الموصلات Connectors 174
مجهز القدرة ذو المحولة 179
مجهز القدرة Switching mode 181
UPS 181
المحولات 182
طرق ربط الثنائيات مع المحولة 184
البطاريات 186
المعادلات الكيميائية للبطاريات 187
أنواع البطاريات 188

الفصل الثامن

جهاز مفتاح الليزر 189
جهاز HF Linear Amplifier 191
جهاز إرسال واستقبال صوري بالليزر 192
مجهز قدرة وشاحنة 193
جهاز قياس شدة الإشعاع 194
جهاز حماية الاجهزة اللاسلكية 195
جهاز توليد اشعة X 196
هوائي وهمي 197
عجلة قياس المسافات 198
جهاز قياس المتسعات 200
محول موائمة Bulon 202
جهاز قياس سرع المحركات 204
جهازأرسال واستقبال الأشعة تحت الحمراء 206
جهاز قياس الرطوبه الرقمي 208
جدول كيبلات (LMR+RG) 210
جدول قياس اقطار الاسلاك المعدنيه 212
جدول الطيف الترددي العام 213
جدول الفقد لل SWR 214
جدول تحويل dBm الى الواط والفولطيه 215
ترددات التلفزيون VHF+UHF 216
ألوان وأطوال وترددات الضوء المرئي 217
جدول يبين ثابت العزل للمتسعات 218
جدول ترددات الهواة 219
روابط لمواقع علميه مهمه على الانترنت 221

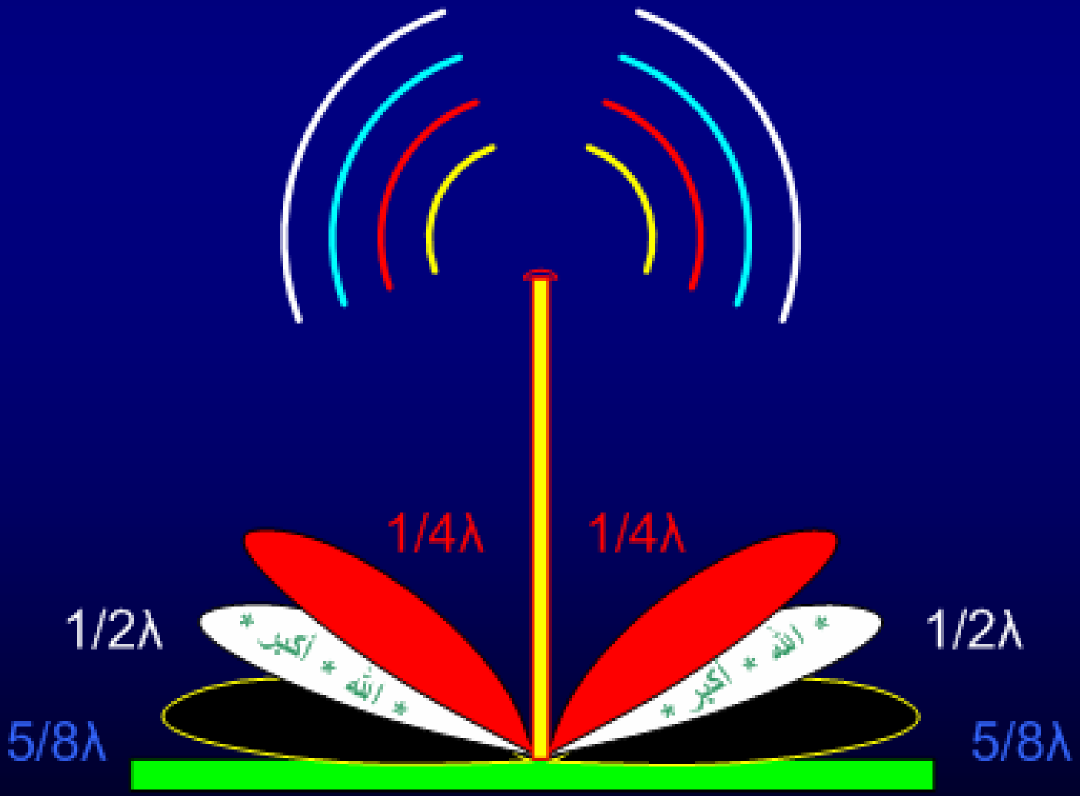
مراجع الكتاب

كتاب جمعية هواة الراديو الامريكية ARRL .
كتاب اجهزة الارسال (المؤلف عبد الخالق معروف) .
كتاب Communications Satellites by Larry Blonsten .
كتالوك شركة RS البريطانية .
كتاب فن التلفزيون (المؤلف د. رشدي الحديدي) .
كتاب Modern Electronic Communication by Miller .
كتاب الفيزياء للصف السادس العلمي .
كتاب الالكترونيات في زمن الحصار (المؤلف سرمد نافع) .
كتب د.نادر عبد الحميد
موقع القرية الالكترونية .
مواقع علمية للهواة على الانترنيت .

المؤلف في سطور

ولد في بغداد 1953 واكمل الدراسة فيها .
خريج كلية العلوم قسم الفيزياء الجامعة المستنصرية 1978 .
من الرواد الاوئل في مديرية الرعاية العلمية العامة .
حاز على المراتب الاولى في مسابقات مديرية الرعاية العلمية .
صمم ونفذ العديد من الاجهزة الالكترونية منها اذاعة الجامعة المستنصرية 1976 .
واول تلفزيون عراقي بالاسود والابيض عام 1972 واجهزة خاصة بالانواء الجوية .
وتصنيع اجهزة وهوائيات الاتصالات لبعض الدوائر الحكومية .
شارك بدورات الكترونية هندسية تدريبية خارج وداخل العراق .
عضو جمعية العراق لهواة اللاسلكي ويحمل اشارة النداء YI1QEA .
له اهتمامات ميكانيكية ورياضية وموسيقية .

FUNDAMENTAL OF WIRELESS AND ELECTRONICS


1/4λ
1/4λ
1/2λ
1/2λ
5/8λ
5/8λ
* الله * أكبر *
* الله * أكبر *

QUSAY. I. ALFAFADI
2008